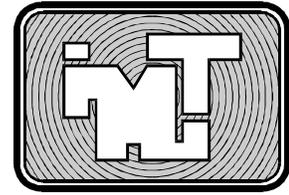


ISSN 0188-7297



---

---

**IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA  
INFRAESTRUCTURA CARRETERA. ESTUDIO  
PILOTO DEL RUIDO, CASO QUERETARO**

**Secretaría de Comunicaciones y Transportes**

**Instituto Mexicano del Transporte**

**Publicación Técnica No. 154  
Sanfandila, Qro. 2000**

CIUDAD DE MEXICO

Av. Patriotismo 683  
Mixcoac - Benito Juárez  
03730 México, D.F.  
Tels. (5) 598 38 63  
598 52 18  
Fax (5) 598 64 57  
Internet:  
<http://www.imt.mx>

SANFANDILA

Km 12+000, Carretera  
Querétaro – Galindo  
76700 P. Escobedo, Qro.  
Tels. (4) 216 97 77  
216 97 44  
216 95 97  
Fax (4) 216 96 71

**SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA  
INFRAESTRUCTURA CARRETERA. ESTUDIO  
PILOTO DEL RUIDO, CASO QUERETARO**

**Publicación Técnica No. 154  
Sanfandila, Qro. 2000**

---



---

Este trabajo fue desarrollado en la Coordinación de Infraestructura por los M. en I. Sergio Alberto Damián Hernández e Israel Milton Camacho Pérez investigadores del Area de Medio Ambiente.

Se contó con las valiosas opiniones y comentarios de los M. en C. Rodolfo Téllez Gutiérrez y José Manuel Aguirre Pérez.



El trabajo tiene por objetivo el cuantificar los niveles de ruido que genera la operación de la infraestructura carretera, a fin de determinar la conveniencia de establecer una línea de investigación permanente dentro del tema de Impacto Ambiental Generado por las Carreteras; para ello, se realizó un estudio piloto en tres de las carreteras federales más importantes dentro del Estado de Querétaro: México – Querétaro, Querétaro – San Luis Potosí y Querétaro – Celaya (libre).

Después de efectuados varios recorridos por la red carretera del Estado de Querétaro, se evaluaron algunos tramos representativos y se tomó la determinación de seleccionar 10 segmentos críticos, donde el efecto del ruido producido por la operación del transporte pudiera tener impactos a la población circunvecina o a los mismos usuarios. A continuación se realizaron estudios de campo con equipos de medición apropiados; se tomaron lecturas del nivel de ruido equivalente Leq de 60 segundos, con intervalos cada dos minutos, entre las 8:30 y las 16:00 horas. En total se obtuvieron 225 datos para cada punto, lo que significa 2,250 lecturas.

Se recopiló información sobre las normatividad existente en México y en diversos países, incluyendo lo establecido por la Organización Mundial de la Salud, realizando la comparación correspondiente a fin de establecer las diferencias encontradas.

De los resultados se aprecia para este caso específico del Efecto del Ruido en Carreteras del Estado de Querétaro, rebasan los límites máximos permitidos en las normas, tanto nacionales como internacionales y parece conveniente el estudio detallado del ruido como un problema severo de contaminación ambiental, que puede presentar varias repercusiones en la salud del ser humano en diversas formas, mismas que se presentan a lo largo del trabajo.



The main purpose, is to measure the noise levels generated in the highways operation, for determinate the convenience for the establishment of a noise research area; for those it made a pilot study on three of the mos importants roads in Querétaro State: México - Querétaro, Querétaro – San Luis Potosí y Querétaro – Celaya.

After several trips along the Querétaro road network, the main segments were evaluated and determinated 10 critical segments, where the noise effect produced by the transport operation cut be have impacts on the arround population or the same road useres. Futhermore, was made field studies with apropiate measurement equipment; the noise equivalente level (Leq) was taked for 60 seconds with 2 minutes itervals between the 8:30 to 16:00 h. In total was 225 data colecteds for each point, this mean 2,250 measures.

Information about the international and national regulation was colected, including the World Health Organization, and the respective comparations was made.

From the results its apreciate, for this specific case, than the measures were up to the maximum limits allowed in the several regulations. For those cut be convenient the noise detailed study as a importan problem of environmental contamination with possible repercutions in the human health in several ways, as the described along the paper.



## Resumen Ejecutivo

---

El ruido es uno de los principales problemas de contaminación ambiental que afecta a la población tanto en el medio urbano como en el interurbano, ya que proviene de muy diversas fuentes y no es sencillo el controlar la cantidad de sonido que se envía a la atmósfera. De acuerdo a estudios en países europeos, de la energía sonora total emitida el 80% corresponde a automóviles, el 10% a la industria, el 4% a ferrocarriles y el 6% restante a distintas fuentes (aeropuertos, construcción, etc.).

Por otro lado, son muchos los efectos adversos que elevados niveles de ruido generan al ser humano, como son trastornos auditivos, deficiencias en la comunicación oral, dolor, perturbación del sueño, incremento del estrés, efectos sobre el sistema circulatorio y daños en el equilibrio, entre otros.

Esta situación ha provocado que varios países, principalmente europeos, estén estableciendo normas rigurosas que limitan la cantidad de ruido que debe soportar un habitante, dependiendo de la actividad que se esté realizando y del período del día.

Desgraciadamente, en México no se cuenta con una normatividad específica que regule el ruido generado por la operación de la infraestructura carretera, existiendo normas para el ruido emitido por un vehículo y por fuentes fijas (industria, comercio, etc.).

Por lo anterior, este trabajo tiene por objetivo el cuantificar los niveles de ruido que genera la operación del transporte en la infraestructura carretera, a fin de determinar la conveniencia de establecer una línea de investigación permanente en este rubro.

Para lograr lo anterior, se decidió llevar a cabo un estudio piloto que permitiera establecer un panorama inicial de las condiciones que se presentan, tomando como base las principales carreteras federales dentro del Estado de Querétaro, con base en el volumen vehicular que se presenta en ellas y a los posibles efectos que se pueden presentar tanto a la población circunvecina como a los mismos usuarios del transporte. De este análisis fueron seleccionadas las carreteras México – Querétaro, Querétaro – San Luis Potosí y Querétaro – Celaya (libre).

Después de efectuados varios recorridos por la red carretera del Estado de Querétaro, se evaluaron algunos tramos representativos y se tomó la determinación de seleccionar 10 segmentos críticos, donde el efecto del ruido producido por la operación del transporte pudiera tener impactos a la población circunvecina o a los mismos usuarios. A continuación, se realizaron estudios de campo con equipos de medición apropiados; se tomaron lecturas del nivel de

## Resumen Ejecutivo

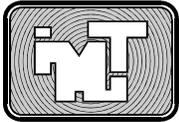
ruido equivalente Leq de 60 segundos, con intervalos cada dos minutos, entre las 8:30 y las 16:00 horas. En total se obtuvieron 225 datos para cada punto, lo que significa 2,250 lecturas.

Se recopiló información sobre las normatividad existente en México y en diversos países, incluyendo lo establecido por la Organización Mundial de la Salud, realizando la comparación correspondiente a fin de establecer las diferencias encontradas. La comparación entre la normatividad establecida y los valores medidos en campo se presenta en forma resumida en la Tabla siguiente:

VALORES REALES MEDIDOS	LIMITES PERMISIBLES		
	FINLANDIA 65 FRANCIA 65 ESPAÑA 75 OCDE 65+/-5 CEE 65/70 OMS 75 MEXICO 68	U.S.A. 72	U.S.A. 75
TRAMO	Leq (total)	Leq (hora)	L <sub>10</sub>
México - Querétaro Km 208+200 (M)	77.3	79	80.5
México - Querétaro Km 208+000 (Q)	79.7	80.9	82
México - Querétaro Km 193+050 (M)	81.1	81.8	83.2
México - Querétaro Km 193+050 (Q)	80.6	81.5	83
Querétaro - San Luis Potosí Km 26+200 (SLP)	76.2	77	79
Querétaro - San Luis Potosí Km 26+100 (Q)	79	79.8	81.3
Querétaro - San Luis Potosí Km 12+800 (SLP)	78.3	79.3	81
Querétaro - San Luis Potosí Km 12+750 (Q)	78.6	79.6	80.6
Querétaro - Celaya Km 10+000 (Q)	75	76.5	77.8
Querétaro - Celaya Km 10+000 (C)	76.3	77.4	79

De los resultados se aprecia que en general se rebasan los límites máximos permitidos en las normas, tanto nacionales como internacionales y parece conveniente que el Sector Comunicaciones y Transportes, se aboque con más detalle al estudio del ruido como un problema severo de contaminación ambiental, que puede presentar algunas repercusiones en la salud del ser humano.



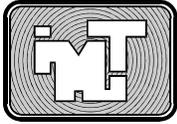


---

## IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA. ESTUDIO PILOTO DEL RUIDO CASO QUERÉTARO

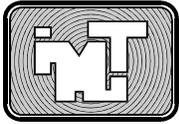
### INDICE

	<b>RESUMEN</b>	<b>V</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>VII</b>
	<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>IX</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GENERALIDADES</b>	<b>6</b>
	2.1 Problemática del Ruido	6
	2.2 Definición del Sonido	9
	2.3 Definición del Ruido	11
	2.4 Formas de Medición	13
	2.5 Efectos en la Salud	16
<b>3</b>	<b>MEDICION DEL RUIDO</b>	<b>21</b>
	3.1 Métodos de Previsión	22
	3.1.1 Modelos matemáticos	24
	3.1.2 Análisis de los modelos de cálculo	27
	3.2 Métodos de Medición	28
	3.2.1 Metodologías	29
	3.2.2 Instrumentos de medición	33
	3.2.3 Tiempo e intervalos	35
	3.2.4 Puntos de medición	37
<b>4</b>	<b>NORMATIVIDAD</b>	<b>40</b>
	4.1 Límites Admisibles de Ruido	42
	4.2 Normativa en México	44
	4.3 Normativa en otros Países	47
	4.3.1 Límites de la OMS, OCDE, CCE y DGXI	48
	4.3.2 Normativa Japonesa	50
	4.3.3 Normativa Finlandesa	51
	4.3.4 Normativa Francesa	52
	4.3.5 Normativa de Estados Unidos	53



---

4.3.6	Normativa Española	54
4.3.7	Normativa Chilena	55
<b>5</b>	<b>ESTUDIO DE CAMPO EN CARRETERAS POR LA OPERACION DEL TRANSPORTE</b>	<b>58</b>
5.1	Método de Medición	58
5.2	Instrumentos de Medición	59
5.3	Tiempo e Intervalos	63
5.4	Puntos de Medición	63
5.5	Resultados del Estudio de Campo	65
5.5.1	México – Querétaro Km 208+200 (sentido México)	65
5.5.2	México – Querétaro Km 208+000 (sentido Querétaro)	68
5.5.3	México – Querétaro Km 193+050 (sentido México)	70
5.5.4	México – Querétaro Km 193+050 (sentido Querétaro)	74
5.5.5	Querétaro – San Luis Potosí Km 12+800 (sentido S.L.P.)	77
5.5.6	Querétaro – San Luis Potosí Km 12+750 (sentido Querétaro)	80
5.5.7	Querétaro – Celaya Km 10+000 (sentido Celaya)	82
5.5.8	Querétaro – Celaya Km 10+000 (sentido Querétaro)	85
5.5.9	Querétaro – San Luis Potosí Km 26+200 (sentido S.L.P.)	87
5.5.10	Querétaro – San Luis Potosí Km 26+100 (sentido Querétaro)	90
5.5.11	Resumen de resultados	92
<b>6</b>	<b>ANALISIS Y EVALUACION DE RESULTADOS</b>	<b>94</b>
6.1	Variaciones en los niveles de Ruido Medidos en Función de las Características de la carretera	94
6.2	Comparación de los niveles obtenidos en las carreteras del Estado de Querétaro contra las normativas Mexicana e Internacional	100
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>103</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO</b>	<b>LECTURAS DEL RUIDO EN LOS TRAMOS CRITICOS EVALUADOS</b>	<b>113</b>



## 1 INTRODUCCION

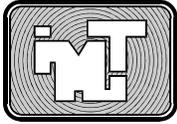
Se ha observado en todo el mundo una preocupación general por alcanzar un estado en el que sea posible un desarrollo integral del ser humano y de todas sus actividades, siendo esto posible sólo si durante el proceso se observan cuidadosamente las necesidades del medio ambiente.

La evaluación y el control del impacto de la infraestructura carretera en el medio ambiente es algo relativamente reciente para los planificadores, constructores y operadores de las carreteras; sin embargo, la tendencia mundial apunta a la incorporación de estudios de impacto ambiental, con el objeto de identificar y valorar los impactos potenciales que futuras obras de este tipo generarán en el ambiente.

El ruido es un subproducto no deseado del modo de vida moderno, es una sensación auditiva molesta y una de las perturbaciones ambientales que de manera muy importante afectan al hombre (directamente a la calidad de vida), aunque éste en muchas ocasiones no es consciente de sus efectos, pues no suelen manifestarse de forma inmediata, lo hacen a largo plazo y no se percibe con claridad la relación causa – efecto.

La Organización Mundial de la Salud ha hecho a lo largo del tiempo numerosas investigaciones que tienen por objeto conocer los efectos que tiene el ruido (ya sea temporal o permanente) sobre los seres humanos, en función del tiempo de exposición y/o del nivel sonoro. Estos efectos pueden ser visibles en el trabajo, descanso, sueño, audición y comunicación, debido al impacto producido en las reacciones psicológicas y fisiológicas del ser humano.

En México, aún no se cuenta con estudios que permitan cuantificar los niveles de ruido que se generan por la operación del tránsito vehicular por las carreteras, con la finalidad de establecer la importancia de este impacto al medio ambiente; por ello, el



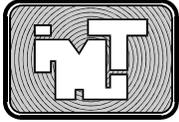
objetivo del presente estudio piloto es tratar de definir si dentro del Impacto Ambiental generado por la Infraestructura Carretera los niveles sonoros producidos por la operación del transporte, son de tal magnitud que representan un problema necesario de estudiar y plantear medidas que lo minimicen.

Para cumplir con el objetivo citado, se llevó a cabo un estudio piloto, en el cual se midió el ruido producido por el transporte en las principales carreteras del estado de Querétaro en un horario diurno. Las carreteras o tramos críticos fueron elegidos con base en sus volúmenes de tránsito, a la situación topográfica y a los posibles efectos sobre el usuario y la población circunvecina afectada. Todos los resultados se han integrado en el presente documento.

El documento se divide en seis partes fundamentales; Generalidades, Formas de Medición, Normativas Vigentes, Estudios de Campo, Análisis y Evaluación de Resultados, y Conclusiones.

En el Capítulo de Generalidades se describe la problemática del ruido a nivel mundial, con la finalidad de tener un marco de referencia en el cual se desarrolla el estudio piloto, se presenta la definición del ruido, su unidad de medida y los efectos del ruido sobre la salud, como son la pérdida de la audición, la interferencia de la comunicación, dolor, perturbación del sueño, estrés y molestias, a fin de recalcar la importancia de la amenaza que representa el ruido como parámetro de la contaminación ambiental.

En el Capítulo 3 se tratan métodos de medición del ruido, junto con los equipos utilizados, tiempos e intervalos más comunes y la elección de los puntos, a fin de que las mediciones sean realmente representativas de la carretera en estudio.

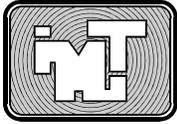


En el Capítulo 4, se indican las normativas en vigor de algunos países, los índices de referencia, los indicadores del ruido más comunes y la normativa nacional vigente en materia de ruido.

En el Capítulo 5, se describe la metodología utilizada en el estudio de campo, horarios, intervalos, equipos, puntos de medición y las condiciones de trabajo.

En el Capítulo 6 y con base en los datos obtenidos en el campo, se presenta un análisis de los resultados, describiendo las variaciones en los niveles de ruido que se presentaron en los puntos de estudio y los factores que influyen de manera más notable en la generación del ruido; así mismo, se detallan las condiciones físicas de las carreteras y finalmente se realiza una comparación de los niveles de ruido encontrados en las carreteras del Estado de Querétaro con las diversas normas nacionales e internacionales.

Por último, se dan las conclusiones emanadas de la realización de este trabajo y se presenta la bibliografía básica consultada.



## 2 GENERALIDADES

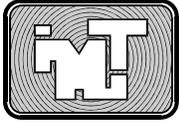
### 2.1 Problemática del Ruido

En el ámbito mundial, cada vez son más los países industrializados y en vías de desarrollo que no sólo han identificado la amenaza que el ruido representa en el bienestar humano, sino en todo el medio ambiente. Las reglamentaciones y normas existentes a nivel internacional definen principalmente, la forma de determinar las propiedades acústicas de los materiales así como la metodología para medir los niveles sonoros producidos por los vehículos. Sin embargo, respecto a la emisión y control del ruido producido por el transporte carretero, no se cuenta con algo específico; existen numerosos puntos de vista tanto del lado de los métodos de evaluación, como de las reglamentaciones implicadas.

Estudios realizados en países europeos muestran que la energía sonora total emitida a la atmósfera tiene su fuente de origen en:

- Automóviles 80%
- Ferrocarriles 4%
- Industria 10%
- Varios (aeropuertos, construcción, etc.) 6%

Desde el punto de vista del medio ambiente, el estudio y control del ruido tienen sentido en cuanto a su utilidad para alcanzar una cierta protección de la calidad del ambiente sonoro. Los sonidos son analizados para determinar los niveles en que se introduce en determinadas áreas y situaciones y conocer el grado de molestia sobre la población. Existen situaciones en que las molestias son evidentes, ya que la exposición al ruido

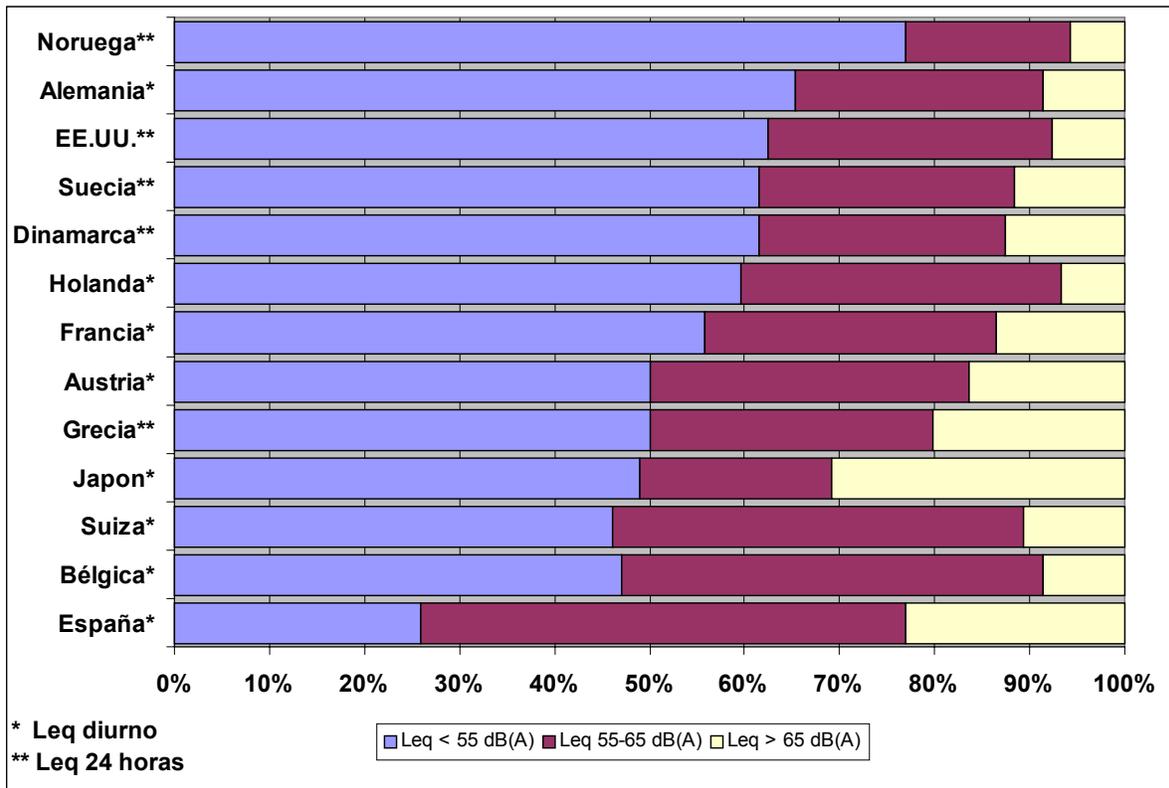
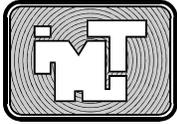


puede provocar daños físicos evaluables; sin embargo, en gran parte de los casos, el riesgo para la salud no es tan fácil de cuantificar, interviniendo factores psicológicos y sociales que suelen ser analizados desde un punto de vista estadístico.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce que el ruido debe ser tratado como una amenaza al bienestar humano.

El ruido originado por los transportes en operación sobre una infraestructura, es cada vez más elevado. En la Figura 2.1 se muestra el porcentaje de personas expuestas a diferentes niveles de ruido en algunos países bajo tres niveles diferentes: <55 dB(A), entre 55 y 65 dB(A) y >65 dB(A), donde:

- **Leq diurno** Nivel de presión que habría sido producido por un ruido constante con la misma energía del ruido realmente percibido en un intervalo de tiempo diurno, usualmente de 6:00 a 22:00 hr.
- **Leq 24 horas** Nivel de presión que habría sido producido por un ruido constante con la misma energía del ruido realmente percibido durante un intervalo de 24 horas.
- **dB(A)** dB significa decibelio y es la unidad de medición del ruido, la (A) representa el filtro de ponderación “A” que filtra el ruido de la misma manera que lo hace el oído humano.

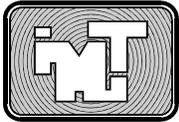


**Figura 2.1 Porcentaje de población expuesta al ruido**

En México se carece de un control estadístico del ruido generado por la operación del transporte en las carreteras, por lo cual no se sabe a ciencia cierta si el ruido es o no un problema.

El ruido producido por la operación del transporte en las carreteras es un fenómeno complejo, esencialmente en razón de los efectos sensoriales que produce sobre los seres humanos, lo que explica la relatividad de ciertos componentes, así como el hecho de la dificultad de medirlo físicamente. Su intensidad varía con la distancia que separa la fuente del receptor y el contexto ambiental en el cual se propaga.

La propagación del sonido depende de la interacción entre tres factores:



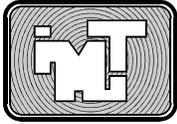
- Los vehículos: tipo, número y velocidad.
- La estructura de la carretera: su concepción o diseño, construcción y materiales.
- El medio próximo al sistema carretera-entorno, sus componentes y receptores, las características de los edificios y el número de habitantes.

Ciertos factores ejercen influencia en la propagación del ruido; son los siguientes:

- La distancia
- La absorción del aire
- La influencia de la temperatura y viento
- Efecto de suelo y la topografía
- Efecto de obstáculos (vegetación, barreras)

## **2.2 Definición del Sonido**

El sonido es parte común de la vida cotidiana, proporciona experiencias agradables como escuchar música, posibilita la comunicación hablada con la familia y amigos, alerta y advierte con el llamado de un teléfono o una sirena de emergencia. El sonido también permite realizar evaluaciones de calidad y de diagnóstico como el escuchar el motor de un automóvil, una rueda rechinando o los latidos del corazón.



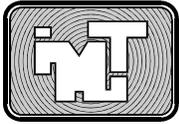
El sonido se define como una alteración física en un medio ( gas, líquido o sólido ) que puede ser detectada por el oído humano. El medio por el cual viajan las ondas sonoras ha de poseer masa y elasticidad.

Las ondas sonoras en el aire son causadas por las variaciones de presión por encima y por debajo del valor estático de la presión atmosférica. [La presión atmosférica tiene un valor de aproximadamente  $10^5$  pascales (Pa), que es equivalente a  $10^6$  dinas/cm<sup>2</sup>,  $10^5$  newtons/m<sup>2</sup> (N/m<sup>2</sup>) o 14.7 lb/ft<sup>2</sup>, a nivel del mar a 0° C (32° F)].

El sonido se propaga por la puesta en vibración de las moléculas de aire situadas en la proximidad del elemento vibrante, que a su vez transmiten el movimiento a las moléculas vecinas y así sucesivamente. La vibración de las moléculas de aire provoca una variación de la presión atmosférica, es decir, el paso de una onda acústica produce una onda de presión que se propaga por el aire. La velocidad de propagación en este medio, en condiciones normales de temperatura (21 grados centígrados) y presión (1 atmósfera o una columna de presión de 766 mm de mercurio), es aproximadamente de 344 m/s.

Las variaciones de presión se originan de muchas maneras, por ejemplo:

- 1 Por una corriente de aire pulsante, como las que produce las aspas del ventilador al girar.
- 2 Por torbellinos, que se producen cuando una corriente de aire choca con una obstrucción, como ocurre en una salida de aire en un sistema de ventilación.
- 3 Por el vuelo supersónico de un avión, que crea ondas de choque.
- 4 Por la vibración de una superficie, por ejemplo, el rasgueo de una guitarra.



El número de variaciones de presión por segundo es llamado la **Frecuencia** del sonido, la unidad de Frecuencia puede ser llamada ciclos por segundo o **Hertz (Hz)**.

El rango normal de audición en los seres humanos va de los 16 a 20,000 Hz, según los patrones establecidos; sin embargo, la capacidad auditiva varía según el individuo.

### **2.3 Definición del Ruido**

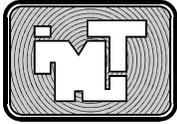
Puede definirse como ruido a cualquier sonido que sea desagradable; sin embargo, el nivel en que un ruido pueda ser molesto no sólo depende de la calidad del sonido, sino también de nuestra actitud hacia él.

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

Para poder abordar el problema del ruido, es necesario el establecimiento de un indicador que explique el grado de molestia. De los parámetros e índices desarrollados en el campo de la acústica para el estudio de los sonidos, es preciso seleccionar un indicador de molestias que sirva de base para la evaluación del impacto y para el establecimiento de valores límite que garanticen una determinada calidad del ambiente sonoro.

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

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



b) **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.

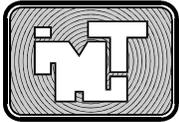
c) **Características del sonido.** Para un mismo nivel de ruido y un mismo tiempo de exposición, la molestia depende de las características del sonido: espectro de frecuencias, ritmo, etc.

d) **Receptor.** No todas las personas consideran el mismo grado de molestia para el ruido, depende de factores físicos, sensibilidades auditivas y en mayor medida de factores culturales.

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

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

En la Tabla 2.1, se ejemplifica el ruido producido en diferentes lugares;

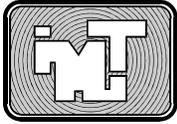


Nivel de Presión Sonora dB(A)	Sensación Acústica	Ejemplos
< 0	No audible	Cámara anecoica
0	Umbral de audibilidad	Test de audiometría
10	Muy silenciosa	Estudio de grabación
20		Grutas
30	Silenciosa	Dormitorio
40		Oficina tranquila
50	Moderada	Oficina
60	Molesta (para un trabajo intelectual)	Conversación a 1 metro
70	Moderadamente desagradable	Calle peatonal – taller de confección
80	Desagradable	Estación de tren
90	Umbral de peligro si se soporta más de 8 horas al día	Taller con maquinaria
100	Muy fuerte	Maquinaria de laminado
110	Los gritos no son audibles	
120	“Sordera”	
130	Umbral del dolor	Avión despegando

**Tabla 2.1 Niveles de ruido diversos**

## 2.4 Formas de Medición

El ruido producido por el desplazamiento de los vehículos en la carretera se mide en decibeles “A”; que es la unidad usada 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  $\mu$ Pa como nivel de referencia, esto es definido 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 está totalmente justificada para las medias y altas frecuencias.



Los ruidos generados por los vehículos en operación son fluctuantes, por tanto es necesario poderlos caracterizar de una manera simple para poder 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. normalmente se utiliza el filtro de ponderación “A”, de manera que se escribe  $L_{Aeq}$ . El número entre paréntesis que sigue al  $L_{Aeq}$  indica el período durante el cual el nivel de sonido equivalente ha sido medido. Su formulación matemática es:

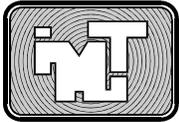
$$L_{Aeq}(T) = 10 \text{LOG} \left( \frac{1}{T} \right) \int_T \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 dt$$

Donde:

- L<sub>Aeq</sub>** Media de la energía sonora ponderada  
**T** Tiempo de duración de la medición  
**P** Presión sonora instantánea en Pascales  
**P<sub>0</sub>** 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 períodos de tiempo para la evaluación 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.

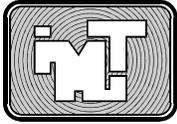
También se utilizan como indicadores del ruido los de la serie estadística (niveles percentiles). La variación del ruido durante un cierto período puede registrarse y descomponerse el período de medida en intervalos constantes para cada uno de los cuales se obtienen sus niveles de presión sonora, definiéndose los siguientes indicadores:

- $L_1$  nivel alcanzado o sobrepasado durante el 1% del tiempo en el período considerado, es un valor muy cercano al ruido máximo.
- $L_{10}$  nivel de ruido sobrepasado durante el 10% del tiempo considerado.
- $L_{50}$  nivel de ruido sobrepasado durante el 50% del tiempo, es la mediana estadística.
- $L_{90}$  nivel de ruido sobrepasado durante el 90% del tiempo considerado, a veces suele tomarse este valor como el ruido de fondo.
- $L_N$  nivel alcanzado o sobrepasado durante el N% del tiempo.

Otros indicadores del ruido pueden ser:

- $L_{m\acute{a}x}$  que indica el nivel de ruido máximo producido durante un período de tiempo.
- $L_{m\acute{i}n}$  que indica el nivel de ruido mínimo producido durante un período de tiempo.

## 2.5 Efectos en la Salud



El ruido afecta a lo largo de la vida y no hay nadie (ni siquiera las personas con sordera total) que no se halle expuesto a los efectos del mismo. Este fenómeno puede perturbar el trabajo, el descanso, el sueño y la comunicación de los seres humanos; provoca reacciones psicológicas, fisiológicas e incluso patológicas; no obstante, a causa de la complejidad y variabilidad de estas reacciones y de la interacción del ruido con otros factores ambientales, es difícil analizar los efectos nocivos del ruido en la salud.

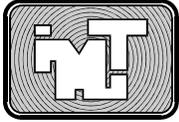
En la mayoría de los casos, los efectos del ruido sobre el ser humano son negativos, ciertas veces nulos y casi nunca benéficos. En el caso de los conductores de vehículos de transporte de carga, su comportamiento se puede ver afectado por tensión y fatiga lo que lleva a situaciones donde se producen accidentes.

A continuación se presentan los efectos más significativos del ruido sobre el ser humano, identificados por la Organización Mundial de la Salud.

### **Audición**

Suele considerarse como trastorno auditivo, el nivel de audición en el que los individuos comienzan a tener dificultades para llevar una vida normal, comúnmente en lo concerniente a la comprensión del habla. En Estados Unidos se ha definido el trastorno auditivo como un promedio aritmético de pérdida de audición de 26 dB(A); en Polonia se ha establecido ese promedio en 30 dB(A) y en el Reino Unido en 30 dB(A).

El desplazamiento temporal del umbral inducido por el ruido (DTUIR), es el fenómeno que experimenta una persona que entra en una zona muy ruidosa y sufre una pérdida medible de sensibilidad auditiva, pero que puede recobrase algún tiempo después de regresar a un ambiente silencioso.



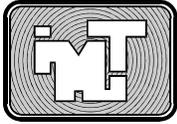
El desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido (DPUIR) a diferencia del DTUIR, implica que la pérdida auditiva es permanente y no existe recuperación.

### **Comunicación oral**

Ciertas mediciones indican que a una distancia de un metro del hablante la conversación reposada se realiza con un nivel de voz de unos 56 dB(A) y a medida que aumentan los niveles de ruido las personas tienden a elevar la voz para superar el efecto de enmascaramiento. Las voces normal y elevada emplean niveles aproximados de 66 dB(A) y 72 dB(A) respectivamente.

### **Dolor**

Se produce dolor de oído cuando el tejido de la membrana timpánica resulta distendido por presiones acústicas de gran amplitud, en ocasiones la membrana puede llegar a romperse. Si bien son muy amplias las variaciones individuales, especialmente ante los estímulos de alta frecuencia, el umbral de dolor en los oídos normales se encuentra en la región de los 110-130 dB(A). El umbral del malestar físico está en la región de los 80 dB(A), mientras que en oídos enfermos, por ejemplo en casos de inflamación, sonidos de unos 80-90 dB(A) pueden causar dolor en el tímpano o en el oído medio.



## **Perturbación del sueño**

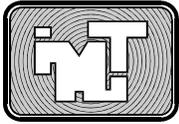
El ruido producido por la operación del transporte, puede causar dificultad para conciliar el sueño, alterar los patrones de éste y despertar a los durmientes, se han podido identificar 4 etapas en el sueño, cada una de las cuales es más profunda, todas estas etapas son necesarias para la salud mental y fisiológica.

Los efectos del ruido sobre el sueño parecen aumentar a medida que los niveles de ruido sobrepasan un  $Leq$  de 35 dB(A). En un estudio, la probabilidad de que los sujetos fueran despertados por un nivel sonoro máximo de 40 dB(A) fue de 5% y aumentó al 30% con 70 dB(A).

El ruido intenso puede mejorar el rendimiento en personas que no han dormido y están cansadas, incluso cuando realizan un trabajo que sería muy afectado por el ruido si el sueño hubiera sido normal. Es inferior el desempeño de una tarea que requiera la participación de la memoria, después de la exposición nocturna a niveles de 80 dB(A).

## **Estres**

El estrés es una serie de respuestas primitivas de defensa del organismo transmitidas por medio del sistema nervioso vegetativo debido a la exposición a ciertos estímulos, uno de ellos es el ruido; si la exposición es transitoria, generalmente el sistema vuelve a la normalidad en unos minutos. Se ha señalado que si la estimulación por el ruido es persistente o se repite con regularidad, pueden producirse alteraciones permanentes en los sistemas neurosensorial, circulatorio, endocrino, sensorial y digestivo.



## **Equilibrio**

Un nivel elevado de ruido puede influir sobre el equilibrio, los niveles requeridos para causar esos efectos en las personas son de 130 dB(A) o más; niveles menos intensos, de 95 a 120 dB(A), también perturban el equilibrio cuando es desigual la estimulación en un y otro oído.

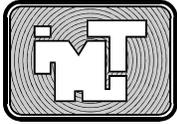
## **Fatiga**

La tensión adicional que el ruido ejerce sobre el organismo puede causar la aparición de fatiga en forma directa o indirecta al interferir con el sueño, pero también pueden provocar síntomas de fatiga una serie de factores ambientales e individuales.

## **Salud Mental**

Se ha comprobado que la exposición al ruido puede provocar una serie de respuestas y reflejos biológicos, la mayor parte de los datos se han obtenido en estudios de corta duración con animales y seres humanos; no obstante, se ha supuesto que si la estimulación fuera continua, esas respuestas conducirían finalmente a la aparición en el hombre de enfermedades físicas y mentales clínicamente identificables.

Se ha atribuido a la exposición al ruido numerosos síntomas y signos clínicos que incluyen náusea, cefalagia, irritabilidad, inestabilidad, conflictividad, disminución del impulso sexual, ansiedad, nerviosidad, insomnio, somnolencia anormal y pérdida del apetito.



## **Molestias**

Se han establecido curvas patrón que señalan el porcentaje de personas que sufren molestias en función del ruido generado por la operación del transporte, por lo que en base a estas, se puede llegar a la conclusión de que en zonas residenciales donde la exposición general diurna al ruido sea inferior a un  $Leq$  de 55 dB(A), serán pocas las personas que sufrirán molestias graves.

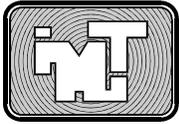
## **Rendimiento**

El ruido puede interferir en el rendimiento o mejorarlo, pero a menudo no se produce ninguna modificación significativa. Básicamente todo desempeño, ya sea mental o motor, puede resultar afectado negativamente por el ruido, tendiendo a ser este efecto más grave cuando la tarea es difícil o compleja y a medida que aumenta el tiempo de exposición al ruido.

El ruido puede actuar como elemento de distracción cuando se presenta un ruido novedoso o cuando se interrumpe inesperadamente un ruido familiar, en ambos casos el efecto desaparece cuando el ruido deja de ser una novedad.

Los niveles moderados de ruido aumentan el estado de alerta durante las tareas monótonas. Estímulos sonoros con un nivel de 72 dB(A) mejoran la vigilancia visual.

La exposición al ruido produce una mezcla de efectos positivos y negativos sobre el desempeño de tareas y puede afectar negativamente las tareas que requieren una labor de memorización y de resolución de problemas; sin embargo, cuando el ruido actúa únicamente en la etapa de cálculo, mejora el rendimiento.



### 3 MEDICION DEL RUIDO

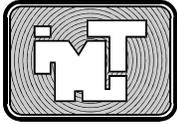
La evaluación de los niveles de ruido producidos por la operación del transporte en una carretera, puede llevarse a cabo para dos objetivos: medición y previsión.

Los métodos de medición consisten en la toma de lecturas directas del ruido mediante instrumentos acústicos como los sonómetros, los cuales sólo proporcionan información sobre una situación que viene determinada por una serie de condiciones específicas y el momento en que se toman las medidas; debido a que el tránsito y las condiciones atmosféricas varían con el tiempo, sólo pueden compararse mediciones estrictamente simultáneas, a menos que se consideren las correcciones pertinentes.

Se emplean principalmente los métodos de medición para determinar los niveles de ruido antes de la construcción de las carreteras, con el objeto de predecir el incremento de nivel que se producirá posteriormente, estos métodos ofrecen poca confiabilidad cuando se desconoce la influencia de otros factores como son emisiones de ciertos vehículos y algunos tipos de pavimentos y superficies de rodamiento.

Los métodos de previsión se basan en el conocimiento de las teorías de emisión y propagación del sonido, éstas permiten calcular los niveles de ruido a través de la simulación de situaciones reales o predecibles, mediante modelos matemáticos o físicos.

Desde el punto de vista técnico, los métodos de previsión son mejores para determinar los niveles sonoros derivados de la operación de una carretera; su menor costo y su mayor confiabilidad nos indican que deberían preferirse para proceder a la evaluación del ruido; pueden desarrollarse un gran número de escenarios al utilizar un método de cálculo que introduzca volúmenes del tránsito, tipos de pavimentos, posición y número variable de puntos de recepción y distintos diseños de medidas de amortiguación del ruido.



Frecuentemente se combinan los métodos de previsión y medición para proporcionar uno mejor o para hacer más operativa la evaluación.

En la práctica, las dos características que determinan la calidad de un método son:

- **Validez.** Precisión de los resultados obtenidos.
- **Operatividad.** En términos tanto de tiempo como económicos.

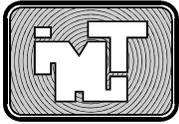
### 3.1 Métodos de Previsión

Se han desarrollado en distintos países métodos de previsión de los niveles sonoros producidos por la operación de las carreteras; en algunos países determinados métodos de previsión son adoptados o promovidos oficialmente por las autoridades responsables de la explotación del suelo y del diseño de la amortiguación del ruido, en estos casos las normas condicionan los algoritmos de cálculo a utilizar en el método y el tipo de resultados que se debe obtener.

En los países donde existen métodos oficiales, se permite el empleo de otro modelo de previsión, siempre que se demuestre que los resultados obtenidos son similares a los que se consiguen con el método oficial.

Los diversos métodos de previsión del ruido, caracterizados por diferentes niveles de detalle y fiabilidad, pueden clasificarse en tres grupos:

- Métodos manuales basados en ábacos, tablas o ecuaciones analíticas simples.
- Modelos físicos reducidos (maquetas).
- Simulaciones directas mediante el cálculo automático.

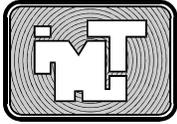


Los métodos manuales se utilizan en una primera evaluación y se aplican a situaciones sencillas. Una fórmula general de cálculo permite determinar el nivel de ruido producido por el tránsito, mientras que los ábacos y las tablas se emplean para la consideración de los factores de corrección derivados de diferencias topográficas u otras condiciones.

Los modelos físicos reducidos permiten reproducir con gran detalle situaciones espaciales muy complejas; sin embargo, los modelos reducidos son extremadamente costosos en términos tanto de financiamiento como de medios, pues requieren de la construcción de un modelo reducido “ad-hoc” y precisan de un equipo experimental altamente sofisticado.

Las simulaciones numéricas requieren el uso de programas informáticos que permiten llevar a cabo previsiones en la mayoría de los escenarios topográficos, siendo capaces de evaluar los fenómenos acústicos de propagación, reflexión y absorción; el detalle y la precisión de sus resultados, dependen tanto de la complejidad del modelo como de la calidad de los datos de entrada.

Salvo cuando se emplea un modelo físico reducido, lo que rara vez ocurre, la previsión del ruido producido por las carreteras se realiza mediante la utilización de fórmulas matemáticas, éstas resultan tanto de consideraciones teóricas como empíricas que involucran potencia sonora emitida y ciertas atenuaciones.



La complejidad de los procesos de cálculo, especialmente si se persigue un cierto grado de precisión, requiere el empleo de programas informáticos para reducir el tiempo empleado en el cálculo.

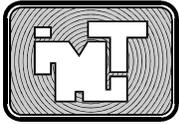
Todos los modelos tienen en cuenta parámetros que representan las diferentes variables implicadas; en estos casos, los parámetros reproducen las fuentes sonoras (parámetros del tránsito), condiciones topográficas, situación de los puntos de recepción y atenuaciones causadas por el aire y el suelo. Las influencias meteorológicas no se consideran en la mayoría de los modelos de previsión existentes.

### **3.1.1 Modelos matemáticos**

Las fórmulas de los modelos matemáticos son muy parecidas a la de los modelos de previsión, se obtiene experimentalmente un nivel de ruido de referencia correspondiente al nivel producido por un único vehículo circulando en condiciones normalizadas a una distancia de referencia, incorporando este dato a la fórmula como un valor constante, éste es corregido mediante factores que tienen en cuenta la influencia de los tipos de vehículos, el número, la velocidad media, el tipo de pavimento, la absorción del suelo, la sección de la carretera, el efecto pantalla producido por los obstáculos, etc. El número y valor de estos factores varía de un modelo a otro.

La estructura general de los modelos matemáticos es la siguiente:

- 1 Descripción topográfica del lugar, definiendo la ubicación de los puntos receptores, características absorbentes del terreno, presencia de obstáculos naturales o artificiales, etc.

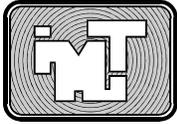


- 2 Caracterización acústica de las fuentes de emisión (carretera, ferrocarril, etc.), perfil longitudinal, secciones, estructuras (carretera nivelada o elevada, túneles, viaductos, tipo de vehículos, etc.).
- 3 Caracterización acústica de las fuentes (flujo de tránsito, velocidad media, tipo de vehículos, etc.).
- 4 Análisis de la difusión del sonido en su propagación, es necesario tener en cuenta la atenuación debida a la distancia, la absorción del suelo, las reflexiones y difracciones provocadas por los obstáculos y la absorción acústica del aire.
- 5 Salida de resultado.

Las autoridades estatales australianas de la carretera emplean el método de previsión CoRTN (Department of Transport Welsh Office Calculation of Road Traffic Noise, 1988) para la evaluación del ruido originado por el tránsito, este método se ha adaptado para ser utilizado en diversos paquetes de software. Se utiliza en las fases de planificación/diseño de la construcción de nuevas carreteras y para determinar las características de las pantallas acústicas.

En Austria, la evaluación de los niveles sonoros se realiza a través de un método de cálculo austriaco desarrollado en 1983, que tiene carácter oficial.

Las autoridades públicas de Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia adoptaron oficialmente un modelo nórdico de cálculo de ruido originado por el tránsito, este método se emplea en la planificación de la explotación del suelo, la ordenación y regulación del tránsito y el diseño de la amortiguación del ruido.



En Noruega se ha desarrollado un modelo de PC (VSTÖY) basado en una simplificación del NBSTÖY, para la evaluación general y aproximada en la que se ha planificado especialmente el suelo.

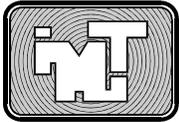
En Alemania, el documento llamado “Directivas para la Protección del Ruido en las Carreteras”(R.L.S. 90), publicado por el Departamento de Construcción de Carreteras del Ministerio Federal de Transportes, da un método de previsión de los niveles sonoros producidos por la circulación y un método de dimensionamiento de las pantallas acústicas.

En Holanda, la “Normativa sobre Medida y Cálculo del Ruido Producido por el Tráfico”, dictada por el Ministerio de Vivienda, Planificación y Medio Ambiente, proporciona dos métodos de cálculo: El Método de Cálculo Estándar 1 (SCM) y El Método de Cálculo Estándar 2 (SCM2).

En Suiza, las autoridades federales de Ensayo de Materiales, “Federal Material Testing Authorities” (EMPA), han desarrollado un programa de evaluación del ruido producido por el tránsito, SrL-86, a requerimiento de la Oficina Federal de Protección al Ambiente.

En Estados Unidos, la Federal Highway Administration (FHWA) ha desarrollado y difundido un método de previsión del ruido producido por la circulación, el “FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model”, empleado por todos los organismos estatales de autopistas de ese país.

En Inglaterra, el método C.R.T.N. (Calculation of Road Traffic Noise) desarrollado en 1975, permite la evaluación y previsión del nivel estadístico L10, tanto para una hora determinada “base” como para el período comprendido de las 6 a las 24 hrs.



### 3.1.2 Análisis de los modelos de cálculo

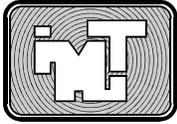
Un método de previsión del ruido producido por el tránsito debe de ser capaz de obtener niveles de ruido, cualquiera que sean las condiciones en que se produzca y propague, debe proporcionar resultados suficientemente representativos de los niveles sonoros reales existentes; el logro de estos objetivos, depende de los dos procesos de evaluación siguientes:

- Evaluación de los niveles sonoros debidos a la intensidad del tránsito.
- Evaluación de la atenuación sonora entre la fuente y el punto de recepción.

El primer punto se basa en los niveles de ruido producidos por diferentes categorías de vehículos, a una distancia prefijada y en condiciones de propagación en campo abierto.

Es necesario un gran esfuerzo para formar bases de datos que sean revisadas y puestas al día permanentemente, conteniendo los niveles sonoros de referencia para todas las categorías de vehículos, todos los tipos de pavimentos y condiciones de circulación, las cuales permitirían a los usuarios de los métodos de previsión el seleccionar en cada situación los datos a introducir; además, serían necesarias mejoras relativas a la distribución espacial de fuentes sonoras en las carreteras, es decir, varios carriles con diferentes tipos y números de vehículos frente a carriles simples con tránsitos mixtos.

En relación con la atenuación de la propagación de la energía sonora, los métodos ofrecen poca confiabilidad a la hora de evaluar las pérdidas de energía sonora producidas por el efecto suelo y por la presencia de obstáculos; los métodos de previsión generalmente se emplean para calcular los niveles sonoros que son más altos que aquéllos que se obtienen experimentalmente, ya que muestran una visión muy

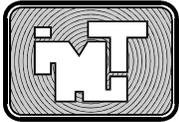


limitada de los tan complejos fenómenos de atenuación. Los niveles medidos para puntos de recepción próximos a la fuente, son generalmente más bajos que los previstos porque no se tiene en cuenta el efecto de apantallamiento creado por la circulación de los vehículos a lo largo de las múltiples vías, también se han apreciado notables diferencias entre los niveles medidos y los previstos en puntos de recepción distantes, en donde es muy destacada la atenuación del sonido causada por el efecto suelo; la presencia de obstáculos y las complejas condiciones topográficas con frecuencia producen desviaciones apreciables en los niveles calculados, todos estos efectos representan el punto más débil de la mayoría de los métodos de previsión.

Los programas de informática más utilizados para la previsión del ruido producido por el tránsito ofrecen muchas posibilidades de cálculo. En un período relativamente corto, se pueden realizar previsiones para un gran número de puntos de recepción, con diferentes hipótesis de tránsito y pantallas acústicas; sin embargo, a pesar del gran esfuerzo de las técnicas informáticas por incorporar variables espaciales, los programas de previsión existentes no han conseguido superar por completo los obstáculos topográficos, a menos que el usuario utilice estos obstáculos como tipos de pantallas tipificadas, este factor descalifica definitivamente la aplicación de estos métodos a la evaluación de impacto ambiental en zonas extensas, en donde las condiciones topográficas no son tan claras como se requeriría para la precisión de los métodos de previsión.

### **3.2 Métodos de Medición**

Desde el punto de vista técnico, en la mayoría de los países se prefiere el uso de los métodos de previsión para determinar los niveles de ruido existentes en una carretera, limitando el uso de la medición directa a la corroboración de los valores predichos.



Organizaciones nacionales e internacionales regulan los métodos de medición utilizados para determinar las características acústicas específicas de los materiales de las fachadas. La capacidad fonoaislante y fonoabsorbente de los materiales, se calcula mediante ensayos realizados en cámaras sin resonancia, ya que las mediciones en campo abierto no han resultado ser eficaces ni los resultados precisos.

### **3.2.1 Metodologías**

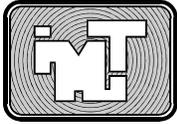
Las mediciones se realizan fundamentalmente con los siguientes propósitos:

- Determinar los niveles de ruido en una zona para la identificación de situaciones no deseadas.
- Comparar las variaciones del entorno en los niveles de ruido.
- Comparar los niveles antes y después de la construcción de la carretera.
- Estimar la eficacia de medidas anti-ruido aplicadas.

La medición del ruido al igual que otro tipo de mediciones, está fuertemente influenciada por la precisión y los objetivos que se pretendan conseguir con su realización.

La precisión de un resultado medido es un concepto común en cualquier tipo de metodología, pero escasamente aplicado a la medición del ruido, no siendo por ello menos importante.

La expresión de un resultado va acompañada de un +/- C, siendo C el valor de la incertidumbre, que refleja la validez y la aplicación de ese resultado; la ausencia de ese término adicional, implica una falta de representatividad y por lo tanto una limitación en el empleo del resultado.



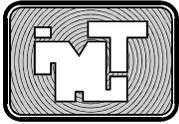
La precisión de una medición depende de 4 factores:

- La instrumentación empleada.
- Las características del foco medido.
- La propagación del sonido.
- El número de mediciones.

El primer factor dependerá de la calidad utilizada, de su estudio de calibración y mantenimiento, a una mayor precisión en la instrumentación habrá menores incertidumbres en el resultado obtenido.

Las características del foco medido tienen una fuerte incidencia en la medición, tanto en la precisión como en el método de medida a aplicar, un foco continuo y uniforme será fácil de medir, exigirá mediciones de menor duración y permitirá obtener incertidumbres bajas; sin embargo, focos muy variables y aleatorios llevarán ligada la incertidumbre del resultado obtenido además de exigir mediciones más largas.

En lo que respecta a la propagación del sonido, la incertidumbre se puede valorar cuando existen condiciones en las que la propagación es más uniforme, esto sucede cuando las condiciones meteorológicas, viento y gradiente térmico con el suelo, garantizan que los rayos sonoros se propagarán formando una curva hacia abajo, es decir, condiciones equivalentes a las de propagación a favor del viento; esto se puede observar en distancias superiores a 50 metros o inferiores cuando la propagación es muy cercana al suelo.

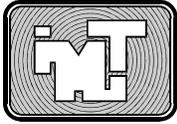


Por lo general la desviación de una medida del ruido es el resultado de las desviaciones en la instrumentación, variabilidad del foco y condiciones meteorológicas.

La incertidumbre de una medida se definirá por la desviación resultante y el número de mediciones que se realicen, disminuyendo la incertidumbre al aumentar el número de mediciones.

Se pueden distinguir de acuerdo al grado de precisión tres tipos de mediciones:

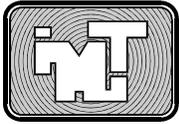
- **Mediciones Orientativas.** Son en las que la incertidumbre del resultado no se puede valorar y será siempre claramente superior a  $\pm 5$  dB, por lo que su representatividad es mínima y sólo sirve para orientarnos respecto a los niveles de ruido reales.
- **Monitoreo.** Consiste en mediciones de larga duración mediante sistemas de medición continua; unidos a sistemas de medida de las condiciones meteorológicas, dirección y velocidad del viento y gradiente térmico, permiten efectuar mediciones de incertidumbre controlada. Si esto no se puede hacer, en su lugar se harán un promedio de mediciones bajo diferentes condiciones meteorológicas.
- **Mediciones bajo condiciones controladas.** Son en las que se utiliza una instrumentación de precisión adecuada, las características del foco son continuas, existe una propagación del sonido uniforme y el número de mediciones es suficiente, durante intervalos representativos del foco y con una duración suficiente (se recomienda no menor de 10 minutos) para cada situación a caracterizar y permiten atribuir un cierto grado de incertidumbre al resultado; en estas condiciones y con una sola medición se pueden lograr para focos estables incertidumbres entre 3 y 5 dB en función de la distancia.



Es difícil diseñar metodologías universales de medición del ruido en el exterior, situaciones diferentes requieren diferentes metodologías; como regla general, se acepta que la utilización de intervalos mínimos diseñados para situaciones estándar conocidas, puede no ser suficiente para lograr una adecuada evaluación cuando esos intervalos se aplican a otras situaciones, lo que constituye desafortunadamente la práctica más común.

Durante la medición del ruido se deben observar las siguientes precauciones para garantizar la precisión y fiabilidad de las mediciones:

- Revisar regularmente los instrumentos (de ser posible una vez por año).
- Calibrar los instrumentos antes y después de su uso.
- Registrar las condiciones meteorológicas durante las mediciones (velocidad del viento, humedad, etc.), para aceptar o rechazar los resultados.
- Evitar llevar a cabo mediciones bajo condiciones excepcionales, la lluvia y el viento pueden provocar diferencias de hasta 10 dB entre el ruido emitido y el medido.
- Se recomienda que las mediciones no se realicen si la velocidad del viento en el micrófono excede los 5 m/seg (18 km/h).
- La superficie del pavimento debe estar seca.



- Evitar la presencia en las cercanías del micrófono de personas que puedan obstaculizar las mediciones, la persona que lleva a cabo las mediciones deberá colocarse donde no influya en las lecturas.

### 3.2.2 Instrumentos de medición

Los índices más comúnmente usados para la evaluación del ruido generado por los vehículos que circulan por una carretera son el Nivel de Presión Sonoro Continuo Equivalente (Leq) y los índices estadísticos, expresados en decibelios Tipo A [dB(A)].

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 (Leq, L<sub>máx</sub>, L<sub>min</sub>, LN, Histogramas y otros), estos instrumentos pueden ser útiles en el proceso de tratamiento de datos.

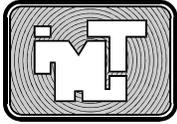
El ruido varía a lo largo del tiempo, por lo que los instrumentos de medición más útiles son aquellos sistemas preparados para una medición continua de Leq.

Los sonómetros se clasifican en nuestro 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:



- Micrófono
- Amplificador
- Redes de ponderación
- Atenuador
- Instrumento indicador

Un micrófono es básicamente un sensor que puede medir pequeñas variaciones de la presión usando como referencia la presión atmosférica.

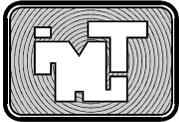
Un amplificador es un dispositivos electrónico que permite elevar la potencia de una señal electromagnética.

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:

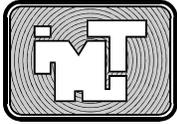


- El micrófono debe ser del tipo omnidireccional, su sensibilidad no debe exceder en más de +/- 0.5 dB para una variación del 10% de la presión estática.
- El instrumento indicador debe seguir la ley cuadrática, graduarse en divisiones de 1dB y contar con la opción de integración rápida y lenta.
- El 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, debe especificar la correcciones que deben 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% debe ser menor de 0.5 dB.
- El amplificador debe poseer una capacidad de potencia de cuando menos 12 dB mayor que la correspondiente a la lectura máxima del instrumento indicador.

### **3.2.3 Tiempo e intervalos**

Los niveles de ruido debidos a la operación del transporte en las carreteras varían espacial y cronológicamente, y deben 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 realizan para una evaluación detallada de aspectos específicos; las últimas son necesarias cuando en determinadas situaciones se requiere del 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.

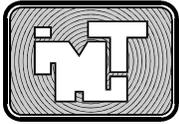
Se eligen diferentes intervalos dependiendo de los objetivos perseguidos y de las características de la circulación. En la elección de los períodos de medida, existen varias tendencias:

- 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 un cierto número de vehículos ligeros y/o pesados y considerar los resultados obtenidos como la energía sonora característica de la carretera.
- Medir durante largos períodos (más de 24 horas).

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.

El tiempo de medición no tiene límite; sin embargo, como deben realizarse con frecuencia estudios y evaluaciones en períodos cortos de tiempo, se han establecido en otros países intervalos de tiempo de medición mínimos, que dependen del propósito de la evaluación.

El método de medición nórdico NORDEST (Dinamarca, Noruega, Finlandia y Suecia) recomienda un intervalo mínimo de 15 minutos o de 500 vehículos circulando durante el día. Los niveles nocturnos normalmente se calculan partiendo de mediciones obtenidas durante el día, sobre la base de los datos que proporciona la intensidad del tránsito. En E.U.A. son típicos los períodos de 15 minutos de tiempo en la hora de más ruido; no



obstante, se realizan mediciones de hasta 24 horas en caso de no existir la información necesaria para identificar la hora de más ruido. En Austria, el tiempo de medición depende de la distribución del tránsito, siendo el período característico un intervalo de 30 minutos. En Holanda, el intervalo mínimo es de 10 minutos o el paso de 100 vehículos. En Japón, para condiciones típicas de ruido debe realizarse al menos una medición durante cada uno de los siguientes períodos: mañana, mediodía, tarde y noche.

Cuando no se conoce la distribución de la circulación, deben hacerse mediciones de hasta 24 horas para evaluar adecuadamente el Leq del día y los niveles de ruido nocturnos; si se conocen los datos de circulación, pueden seleccionarse intervalos más breves, pero el período de medición mínimo aceptable es de 15 minutos.

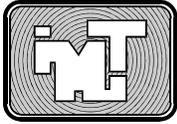
La evaluación del ruido producido en las carreteras que sufren importantes variaciones estacionales en los volúmenes del tránsito, debe realizarse teniendo en cuenta niveles de ruido estacionales altos.

### **3.2.4 Puntos de medición**

El número y situación de los puntos de medición necesarios para identificar el sonido medioambiental de una zona, depende del 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 las zonas donde se construyen carreteras y éstas son transitadas; en estos casos, los puntos seleccionados deben representar las condiciones de exposición al ruido del mayor número posible de personas.

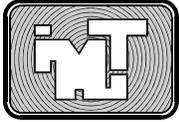
Los puntos importantes no son necesariamente aquéllos que presentan niveles de ruido más elevados, sino que son los puntos exteriores de los edificios que están más cerca de la carretera, tomados a diferentes alturas.

Las mediciones deberán hacerse a 1.5 metros sobre el nivel del eje de la carretera y a 7.5 metros del hombro.

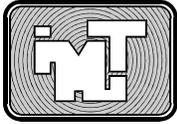
Cuando las actividades humanas se realizan en zonas abiertas (jardines, senderos, campos de deporte, etc.), los puntos de medición deben situarse donde se puedan obtener los niveles de ruido más elevados.

El segundo criterio se aplica tanto a situaciones existentes como a los lugares donde próximamente se construirá una carretera y se relaciona con la distribución en el espacio de los niveles de ruido de la zona.

La selección de puntos representativos nos lleva a la determinación de sectores o tramos homogéneos, que incluyan carreteras y puntos de recepción. En la práctica el procedimiento más eficaz consiste en dividir la zona en sectores, en donde la emisión de sonido pueda considerarse constante y donde el proyecto geométrico de la carretera y las características topográficas no experimenten cambios importantes.



Los puntos de medición se fijan para cada sector, de forma que los niveles de ruido se puedan deducir a partir de los resultados obtenidos en las mediciones.



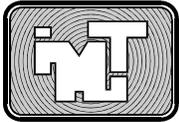
## 4      **NORMATIVIDAD**

Las políticas de lucha contra el ruido buscan en general el cumplimiento de un doble objetivo: la recuperación o corrección de ambientes sonoros degradados y evitar la creación de nuevas situaciones no deseadas. Este doble objetivo se traduce en la creación de dos políticas distintas, la “Voluntarista” y la “Planificadora”, basadas en actuaciones a largo plazo realizadas bajo un control centralizado; aún cuando ambas se incluyan en una misma reglamentación general, son muy diferentes en cuanto a sus objetivos y cumplimiento.

La política voluntarista plantea la necesidad de corregir el impacto acústico en situaciones ya establecidas, donde las posibilidades de actuación son muy limitadas, abordando el problema del ruido como una actuación a favor del medio ambiente y de la calidad de vida.

Esta política recomienda la adopción de unos límites que deben ser considerados como objetivos de planes y programas de lucha contra el ruido, de manera que las distintas administraciones implicadas los adopten como referencia, estos objetivos deben ser graduales, de manera que puedan ir adaptándose a los distintos avances de las políticas de lucha contra el ruido e irse modificando en función de las demandas sociales.

La política voluntarista es llevada a cabo en países como Australia, Francia, Alemania, España y Estados Unidos y consiste en la descentralización de las actividades, esporádicas intervenciones en las situaciones más críticas, campañas de información al público destinadas a promover su correcto comportamiento, incentivos para que los fabricantes de automóviles los hagan más silenciosos, así como incentivos y control del mercado de vehículos de transporte de pasajeros y de carga.

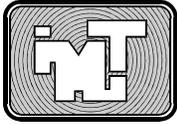


La política planificadora toma en cuenta las infraestructuras o actividades que se encuentran en la fase de planeación, la manera de abordar las exigencias de unos límites determinados es mediante el establecimiento de condicionantes claras, precisas y en cierto modo estrictas, que tienen la finalidad de no permitir la creación de situaciones no deseadas.

Los límites son obligatorios en la política planificadora y son necesarios en la planeación y construcción para asegurar que no se superen los niveles considerados como mínimos para una cierta calidad del ambiente sonoro. Las normas que establecen estas limitaciones deben incluir los procedimientos y mecanismos necesarios para hacer efectivo su cumplimiento, de manera que pueda exigirse a los responsables de la planeación que incorporen en sus diseños las medidas adecuadas para conseguir los objetivos marcados en la normativa de ruido.

Esta política se caracteriza por la realización de planes a largo plazo, encaminados a que la exposición al ruido en el interior de los edificios quede por debajo de los límites autorizados preestablecidos, estos programas son generalmente dirigidos por un organismo central que se ocupa de las medidas a adoptar, tanto en las carreteras como en los edificios.

Países como Austria, Dinamarca, Finlandia, Holanda, Noruega y Suiza cuentan con políticas planificadoras como son el Plan de Acción Danesa en el Transporte para el Medio Ambiente y Desarrollo, que tiene como objetivo reducir a menos de 65 dB(A), a 100,000 casas de aquí a 2010; la Declaración del Parlamento Austriaco de lograr 65 dB(A) durante el día y 55 dB(A) durante la noche para todas las carreteras federales antes del año 2003; el Segundo Plan Estructural Holandés para el Tránsito y el Transporte, que tiene por objeto que en el año 2010 el número de casas con más de 55 dB(A) medidos durante 24 horas en fachada, sea solamente la mitad de las que



existían en 1986 y la Ordenanza Federal Suiza de 1986 con el cumplimiento de límites legales en 2002.

Existe una gran dificultad en demostrar cuál de las dos políticas es más eficaz; se puede observar que la política voluntarista puede conducir a menudo a un estado de acciones “in situ”, mientras que el punto de vista planificador obliga a la realización de acciones importantes cuyo costo es muy elevado.

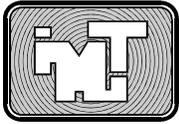
Cuando se adoptan las políticas planificadoras para realizar las actuaciones necesarias, los recursos económicos son generalmente obtenidos por medio de impuestos aplicados a los combustibles (Suiza y Holanda), de tal forma que se dispone de unos ingresos que son más o menos proporcionales a los niveles de ruido de la circulación.

La política voluntarista se fundamenta en los recursos económicos del estado, que pueden variar de un año a otro en función de consideraciones económicas y políticas.

Se ha observado que las reglamentaciones y las políticas anti-ruido son más respetadas e implementadas, cuando una partida económica específica se destina a la reducción del ruido y los procedimientos para la obtención de los recursos financieros necesarios han sido previamente establecidos.

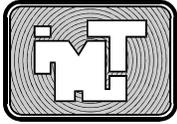
#### **4.1 Límites Admisibles de Ruido**

El establecimiento de límites 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 sopesando los aspectos económicos y técnicos, junto al umbral de molestia previamente examinado y fijado.



Para poder fijar límites del ruido, se requiere de la determinación de los siguientes parámetros:

- **Índice de referencia.** En general el índice más utilizado en carreteras, ferrocarriles y aeropuertos es el “nivel continuo equivalente”  $Leq$ , (medido en decibelios A).
- **Intervalo de tiempo de referencia.** El período de referencia varía según los países, algunos utilizan un único período de 24 horas, introduciendo correcciones en los niveles nocturnos. Otros países distinguen un período diurno y otro nocturno de extensión variable, en función de las características socioculturales de cada país. Existe una tendencia a considerar incluso 3 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 65 dB(A) para el período diurno y 55 dB(A) para el nocturno, medidos en el exterior de las fachadas de los edificios; sin embargo, estos valores varían en función de las actividades de la zona, existiendo una tendencia general a considerar valores más estrictos para áreas sensibles al ruido (hospitales, algunas actividades educativas y de ocio, etc.)
- **Otros criterios.** Algunos países han introducido en su normativa, además de unos límites absolutos de ruido, los denominados criterios de emergencia por los que se limita el aumento de los niveles de ruido; en este caso, además de los límites clásicos, la aceptación de los niveles de ruido actuales depende de los niveles de ruido anteriores a la entrada en funcionamiento de la carretera.



- 

La mayor parte de los países han fijado valores límite permisibles para la contaminación producida por el ruido.

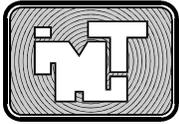
Algunos países como Dinamarca, Finlandia y Noruega realizan nuevos estudios del impacto ambiental debido al ruido, con el objeto de obtener una más adecuada comprensión de la relación que existe entre el ruido producido por la operación del transporte en las carreteras y el efecto que tiene sobre la población, para el establecimiento de valores límite de emisión de ruido que respondan satisfactoriamente a las necesidades humanas.

La mayor parte de los países desarrollados, cuenta con estadísticas de la población afectada por el ruido de acuerdo al grado de molestia, por lo que con frecuencia se establece un valor límite durante el día que corresponde a un porcentaje de entre el 10 y el 25% de personas muy molestas por el ruido.

#### **4.2 Normativa en México**

Existe en México desde 1982 el Reglamento para la Protección del Ambiente Originado por la Contaminación por Ruido; en 1994 se actualizaron y generaron nuevas normas para el control del ruido, con limitaciones en función del peso bruto vehicular, escape y motor. En estas normas se indica que las fuentes artificiales emisoras de ruido ya sean fijas o móviles no deben de rebasar los niveles máximos permisibles de emisión de ruido.

Se define como fuente fija todo tipo de industria, máquinas con motores de combustión, terminales y bases de autobuses y ferrocarriles, aeropuertos, polígonos de tiro, etc.



Se define como fuente móvil a helicópteros, aviones, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses integrales, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinaria con motores de combustión y similares.

Las Normas Oficiales Mexicanas para el Control del Emisión de Ruido que se encuentran en vigor son:

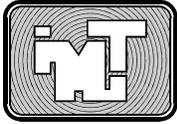
**NOM-079-ECOL-1994** Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta, expresados en dB(A) y su método de medición conforme a su peso bruto. En la Tabla 4.1 se pueden apreciar estos valores.

<b>Peso Bruto Vehicular (Kg)</b>	<b>Límites Máximos Permisibles DB(A)</b>
Hasta 3,000	79
Más de 3,000 y hasta 10,000	81
Más de 10,000	84

**Tabla 4.1 Límites establecidos por la NOM-079-ECOL-1994 de acuerdo al Peso Bruto Vehicular**

**NOM-080-ECOL-1994** Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, expresados en dB(A) y su método de medición, de acuerdo al peso bruto vehicular o al desplazamiento del motor en centímetros cúbicos.

Los límites máximos permisibles de los automóviles, camionetas y tractocamiones que son expresados de acuerdo a su peso bruto vehicular se pueden apreciar en la Tabla 4.2.



<b>Peso Bruto Vehicular (Kg)</b>	<b>Límites Máximos Permisibles DB(A)</b>
Hasta 3,000	86
Más de 3,000 y hasta 10,000	92
Más de 10,000	99

**Tabla 4.2 Límites establecidos por la NOM-080-ECOL-1994 de acuerdo al Peso Bruto Vehicular**

Los límites máximos permisibles de motocicletas y triciclos motorizados que son expresados de acuerdo a la capacidad de desplazamiento del motor medido en centímetros cúbicos se pueden apreciar en la Tabla 4.3.

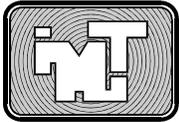
<b>Desplazamiento del Motor en centímetros cúbicos</b>	<b>Límites Máximos Permisibles dB(A)</b>
Hasta 449	96
De 450 en adelante	99

**Tabla 4.3 Límites establecidos por la NOM-080-ECOL-1994 de acuerdo al Desplazamiento del Motor**

**NOM-081-ECOL-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 la Tabla 4.4 se presentan estos valores.

<b>Horario</b>	<b>Límites Máximos Permisibles</b>
6:00 hr a 22:00 hr	68 dB(A)
22:00 hr a 6:00 hr	65 dB(A)

**Tabla 4.4 Límites establecidos por la NOM-081-ECOL-1994 de acuerdo a la hora**



**NOM-082-ECOL-1994** Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta y su método de medición. En la Tabla 4.5 se muestran estos valores.

<b>Desplazamiento del Motor en centímetros cúbicos</b>	<b>Límites Máximos Permisibles dB(A)</b>
Hasta 449	86
De 450 en adelante	89

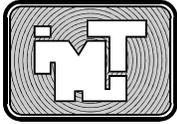
**Tabla 4.5 Límites establecidos por la NOM-082-ECOL-1994 de acuerdo al Desplazamiento del Motor**

Las Normas Oficiales Mexicanas anteriores, establecen los límites máximos de emisión de ruido permisibles para un solo vehículo en función del peso bruto o del desplazamiento del motor en centímetros cúbicos, pero no para los vehículos que circulan por una carretera a lo largo de una franja de terreno y durante cierto período del día.

En la actualidad no existe una norma mexicana específica para la medición y el control del ruido generado por la operación del transporte en la infraestructura carretera, estando en elaboración en la mayoría de otros países.

### **4.3 Normativa 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 del transporte en las carreteras.



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

Las diferencias en las normativas 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 normativas 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.

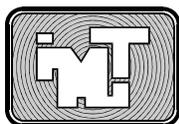
Los diferentes índices de ruido utilizados por cada país, han sido considerados como los más representativos de las molestias producidas por el ruido de las carreteras. Se ha observado que un país puede adoptar más de un índice de ruido.

A continuación, se presentan las distintas normativas fijadas por organizaciones y países.

#### **4.3.1 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 al 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 horas, si el nivel sonoro es mayor que el recomendado, el tiempo de exposición disminuirá en función del incremento.



En la Tabla 4.6 se muestran los valores límites recomendados por la OMS, los cuales fueron respaldados por investigaciones realizadas por diversos países y organizaciones.

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

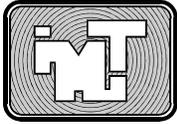
**Tabla 4.6 Límites recomendados por la OMS**

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), teniendo en cuenta el nivel actual de conocimientos técnicos 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 4.7.

Niveles aceptables propuestos por la OCDE (Leq, Límites en fachadas)			
Leq (día)		Leq (noche)	
Carretera nueva	Carretera existente	Carretera nueva	Carretera existente
60+/-5 dB(A)	65+/-5 dB(A)	50-55 dB(A)	55-60 dB(A)

**Tabla 4.7 Límites fijados por la OCDE a mediano plazo**

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 DGXI). En la Tabla 4.8 se presentan estos límites.



Límites que aseguran una protección satisfactoria a las personas expuestas al ruido (según la CCE, DGXI) (Leq, Límites en fachadas)			
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)

**Tabla 4.8 Límites establecidos por la Comisión de la Unión Europea**

### 4.3.2 Normativa 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.

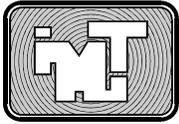
En esta normativa se distinguen tres períodos de medición:

- Período diurno normal (Daytime).
- Período nocturno (Night).
- Períodos intermedios (Morning, Evening).

El Índice de referencia utilizado es el L50 del período considerado.

En esta normativa, el límite de ruido máximo permisible se asigna de acuerdo a la función de la zona que da 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 4.9 se presentan estos valores límites.

CLASIFICACION DEL AREA	PERIODO DE TIEMPO		
	Día	Mañana, Tarde	Noche
Zona A cerca de carreteras de 2 carriles	<55 dB(A)	<50 dB(A)	<45 dB(A)
Zona A cerca de carreteras de 3 o más carriles	<60 dB(A)	<55 dB(A)	<50 dB(A)
Zona B cerca de carreteras de 1 o 2 carriles	<65 dB(A)	<60 dB(A)	<55dB(A)
Zona B cerca de carreteras de 2 o más carriles	<65 dB(A)	<65dB(A)	<60dB(A)

**Tabla 4.9 Límites de ruido establecidos en Japón**

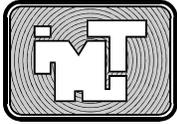
#### 4.3.3 Normativa Finlandesa

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

- Período diurno (7hr – 22 hr).
- Período nocturno (22 hr – 7 hr).

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

En la normativa finlandesa, a una franja de territorio unido a la carretera se le da una categoría de acuerdo a la función que tiene y con ella ciertos valores límite de emisión de ruido. En la Tabla 4.10 se pueden observar los valores límite en exteriores y en la Tabla 4.11 se presentan los valores límite en interiores.



Área	Valores límite en exteriores (Leq)	
	Día (7 hr – 22 hr)	Noche (22 hr – 7 hr)
Áreas <b>existentes</b> de tipo residencial, servicios públicos y recreativos	55 dB(A)	50 dB(A)
Áreas <b>nuevas</b> 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 4.10 Límites de ruido establecidos en Finlandia en exteriores**

Función	Valores límite en interiores, Leq	
	Día (7 hr – 22 hr)	Noche (22 hr – 07 hr)
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

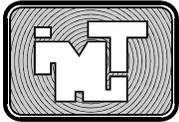
**Tabla 4.11 Límites de ruido establecidos en Finlandia en interiores**

#### 4.3.4 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 hr – 22 hr).
- Período nocturno (22 hr – 6 hr).

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 4.12 se presentan estos valores.

<b>Uso y naturaleza de los edificios</b>	<b>Día, Leq (6 hr – 22 hr)</b>	<b>Noche, Leq (22 hr – 6 hr)</b>
Establecimiento de 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 sonoro moderado	65 dB(A)	No definido

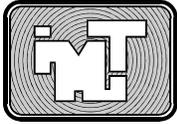
**Tabla 4.12 Límites de ruido establecidos en Francia**

#### **4.3.5 Normativa de Estados Unidos**

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) estableció a principios de 1970 la Oficina para el Control y Abatimiento del Ruido (ONAC) que funcionó hasta 1983; sin embargo, no promulgó un nivel de ruido estándar aceptable, pero fue 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.

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



El índice de referencia utilizado es el Leq y el L10 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 de acuerdo a la actividad que en ellas se realiza, véase la Tabla 4.13.

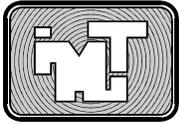
ACTIVIDAD	Leq (h)	L10 (h)
<b>A.</b> Zonas en las que la calma tiene una extraordinaria importancia y responden a una necesidad pública y donde la preservación de estas cualidades es esencial.	57 dB(A) (Exterior)	60 dB(A) (Exterior)
<b>B.</b> Zonas de ocio, de juego, deportivas, parques, residencias, moteles, hoteles, escuelas, iglesias, bibliotecas y hospitales.	67 dB(A) (Exterior)	70 dB(A) (Exterior)
<b>C.</b> Urbanizaciones y actividades no incluidas en las categorías A o B.	72 dB(A) (Exterior)	75 dB(A) (Exterior)
<b>D.</b> Zonas no urbanizadas o no desarrolladas.	No definido	No definido
<b>E.</b> Zonas de ocio, de juego, deportivas, parques, residencias, moteles, hoteles, escuelas, iglesias, bibliotecas y hospitales.	52 dB(A) (Interior)	55 dB(A) (Interior)

**Tabla 4.13 Límites de ruido establecidos en Estados Unidos**

#### 4.3.6 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 a su uso en 7 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 producido 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 países Europeos, estos valores se presentan en la Tabla 4.14.

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

- Período diurno (8-23 hr).
- Período nocturno (23-8 hr).

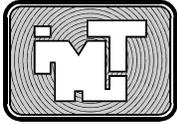
El índice de referencia utilizado para describir las molestias del ruido sobre la población es el Leq del período considerado.

Zona	Valores límite, Leq	
	Día (8 hr – 23 hr)	Noche (23 hr – 08 hr)
Zonas residenciales	65 dB(A)	55 dB(A)
Zonas hospitalarias	55 dB(A)	45 dB(A)
Zonas comerciales e industriales	75 dB(A)	75 dB(A)

**Tabla 4.14 Límites de ruido establecidos en España**

#### 4.3.7 Normativa Chilena

El decreto supremo No. 146 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia de la República de Chile, establece la Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas, elaborada a partir de la revisión de la norma de emisión contenida en el decreto No. 286 de 1984 del Ministerio de Salud, y se encuentra en vigor desde el 16 de Julio de 1998.



Esta Norma cuenta con definiciones usadas en la acústica, límites de ruido máximo permisibles, instrumentos de medición, procedimientos de medición y vigencia.

Se distinguen dos períodos de medición:

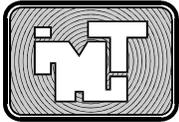
- Período diurno (7 hr – 21 hr).
- Período nocturno (21 hr – 7 hr).

El índice de referencia utilizado es el  $L_{eq}$  para el período considerado.

El límite de ruido máximo permisible se asigna de acuerdo al uso que se le dé a cierta zona, quedando clasificadas como:

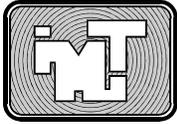
- **Zona I** Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo al plan maestro corresponden a un uso: habitacional y de servicios a escala vecinal.
- **Zona II** Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo al plan maestro corresponden a los indicados para la Zona I y además se permiten servicios a escala comunal y/o regional.
- **Zona III** Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo al plan maestro corresponden a los indicados para la Zona II y además se permite industria inofensiva.
- **Zona IV** Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo al plan maestro corresponden a un uso industrial, con industria inofensiva y/o molesta.

En la Tabla 4.15 se presentan estos valores límites.



Zona	Valores Límites, Leq	
	Día (7 hr – 21 hr)	Noche (21 hr – 7 hr)
Zona I	55 dB(A)	45 dB(A)
Zona II	60 dB(A)	50 dB(A)
Zona III	65 dB(A)	55 dB(A)
Zona IV	70 dB(A)	70 dB(A)

**Tabla 4.15 Límites de ruido establecidos en Chile**



## **5 ESTUDIO DE CAMPO EN CARRETERAS POR LA OPERACION DEL TRANSPORTE**

El estudio de campo se hizo con el objeto de determinar si los niveles sonoros generados por la operación de la red carretera, son de tal magnitud que representan un problema necesario de estudiar y plantear medidas que lo minimicen.

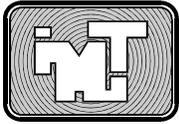
Se tomaron mediciones del Leq de 60 segundos generado por la operación de las principales carreteras federales del Estado de Querétaro, en un horario de las 08:30 a las 16:00 horas a intervalos de 2 minutos.

Las carreteras fueron elegidas por presentar altos volúmenes de tránsito, por su proyecto geométrico y su situación topográfica.

### **5.1 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 por las carreteras.
- Se desconocen las características acústicas del entorno de las carreteras y la capacidad fonoaislante y fonoabsorbente de los materiales que la componen.
- Se desconoce la variación del ruido a lo largo del tiempo que se presenta en las carreteras.
- 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



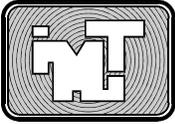
represente las condiciones sonoras de las carreteras.

El estudio de campo, si bien no concuerda rigurosamente con ninguno de los tipos de medición detallados en el Capítulo 4, puede ser considerado para fines prácticos como una Medición de Monitoreo, dadas las siguientes consideraciones:

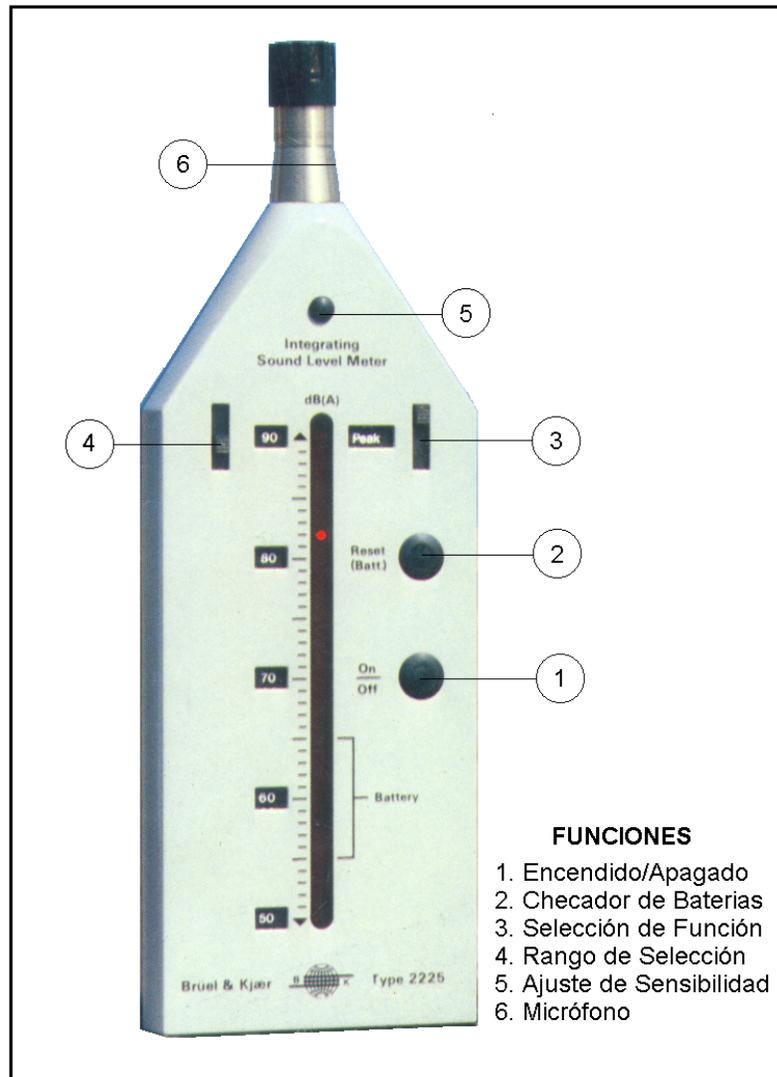
- Las mediciones fueron realizadas durante largos períodos de tiempo (7 ½ horas).
- La medición del ruido puede considerarse como continua a lo largo del período de medición.
- Las mediciones no fueron realizadas bajo condiciones climáticas adversas como lluvia, viento o nieve, que pudieran afectar la confiabilidad a los resultados obtenidos.
- El grado de precisión de las mediciones no puede ser determinado con exactitud; sin embargo, es mucho mejor que +/- 5 dB debido a que se está utilizando un sonómetro de precisión que puede hallar variaciones en la presión sonora de hasta medio decibel.
- En el estudio de campo, no se llevó un control sobre el gradiente térmico en los lugares de medición.

## 5.2 Instrumentos de Medición

Para la determinación del ruido generado por los vehículos que circulan por las carreteras, se utilizó un sonómetro de precisión marca Brüel & Kjaer modelo 2225 con un rango de medición de 20 a 140 dB(A) mostrado en la Figura 5.1, el cual cumple con los requisitos especificados por la Norma Mexicana NMX-AA-059-1978 “Sonómetros de

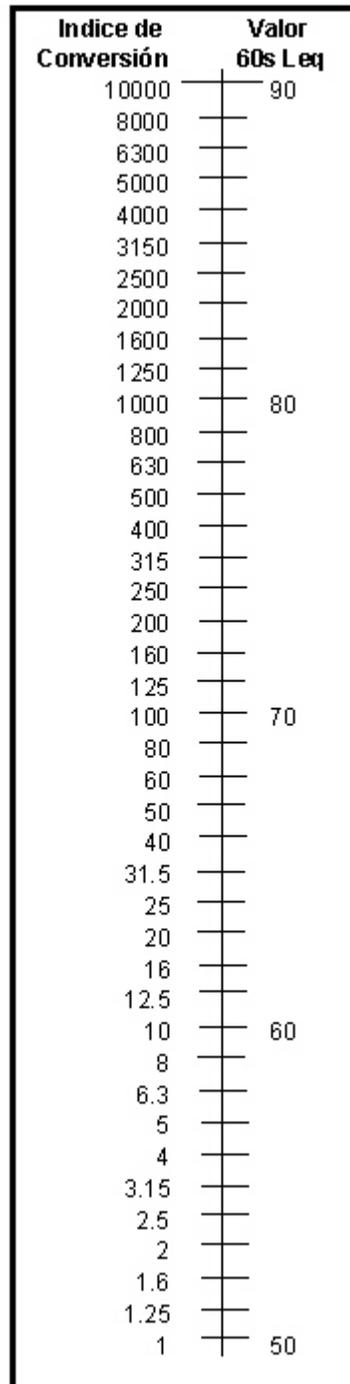
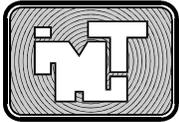


Precisión”.



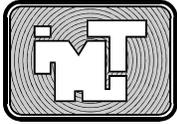
**Figura 5.1 Sonómetro de Precisión marca Brüel & Kjaer modelo 2225**

Se utilizó el sonómetro en la función  $Leq(60 \text{ seg})$ , que es el nivel de presión sonora continuo equivalente para un período fijo de un minuto, es necesaria la integración del  $Leq$  para períodos mayores, esto se logra mediante el siguiente procedimiento:



**Figura 5.2** Nomograma para obtener un Leq para períodos mayores de 60 segundos

1 Emplear el nomograma de la Figura 5.2 para obtener el índice de conversión



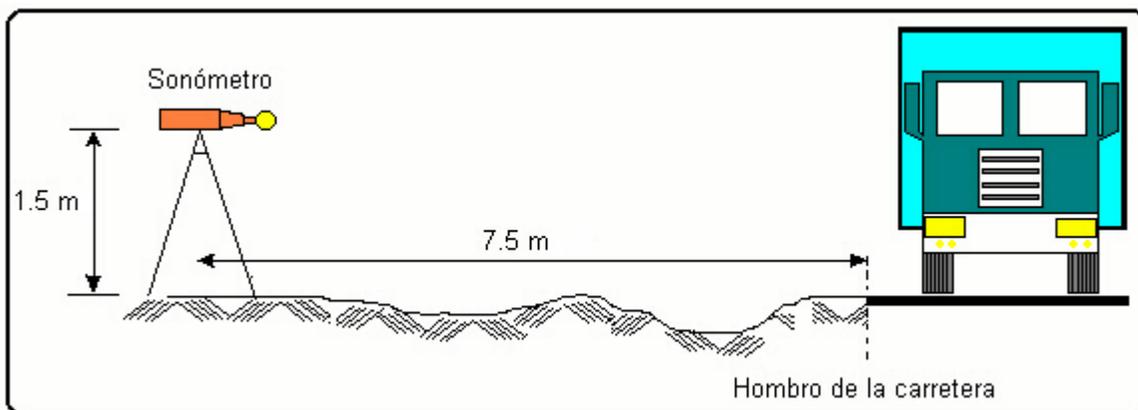
correspondiente a cada minuto.

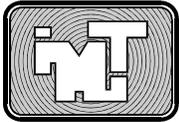
- 2 Sumar los valores índice de conversión para cada minuto.
- 3 Dividir la suma de los índices de conversión entre la duración del período en minutos.
- 4 Con el valor obtenido, leer en el nomograma de la Figura 5.2 para obtener el valor correspondiente al  $Leq$  para ese periodo de medida.

Para evitar interferencia por viento en la precisión de las mediciones, se usó una pantalla antiviento (windscreen), la cual consiste en una esfera de material sintético poroso que se coloca sobre el micrófono y que absorbe el silbido del viento.

El sonómetro fue colocado sobre un tripié estándar a una distancia de 7.5 m del hombro de la carretera y a una altura de 1.5 m respecto al eje de la misma, tal como se muestra en la Figura 5.3.

**Figura 5.3 Ubicación del sonómetro en el estudio de campo**





Para una documentación más completa del estudio de campo, se llevó a cabo un registro fotográfico, así como una grabación en video del tránsito que circula por los puntos de medición entre las 11:00 y 11:30 horas.

### **5.3 Tiempo e Intervalos**

El período de medición utilizado fue de 7 horas y media; debido a que se desconocen las horas de mayor ruido, este período es mucho mayor que el recomendado por el método de medición nórdico (NORDEST) y por E.U.A. de 15 minutos durante la hora de mayor ruido, o el sugerido por Austria y Holanda de 10 minutos.

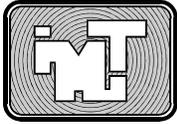
El intervalo de medición es el tiempo transcurrido entre una medición y la siguiente, en el estudio de campo fue de 2 minutos.

Se puede considerar como continua una medición con intervalos de 2 minutos debido a que la diferencia que se encuentra entre un  $Leq$  (7.5 h) obtenido usando la función  $Leq(60 \text{ seg})$  para intervalos de medición de 1, 2 y 5 minutos no es significativa.

### **5.4 Puntos de Medición**

En el estudio de campo se eligieron 5 lugares diferentes considerados como tramos críticos producto de la evaluación y recorrido previos, y en cada uno de ellos se midió el ruido en ambos sentidos de la carretera, con lo que se tiene un total de 10 puntos de medición.

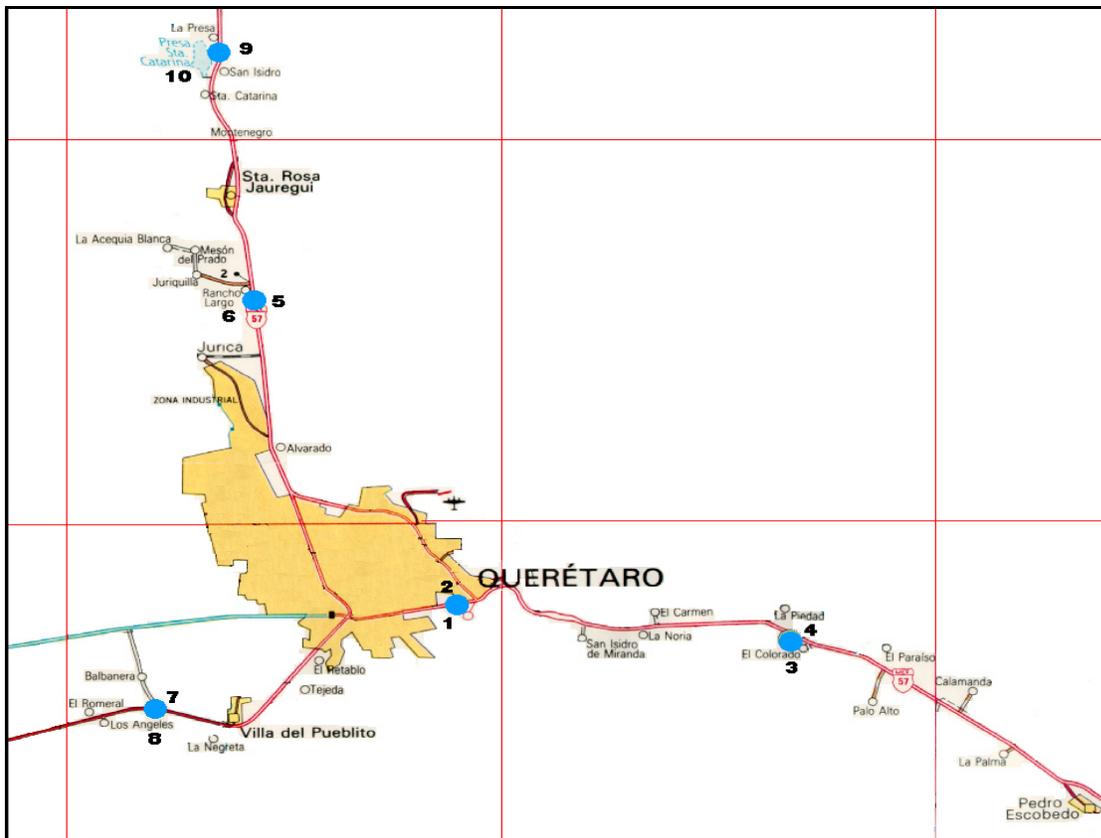
Los puntos de medición se hallan ubicados sobre las 3 más importantes carreteras del Estado de Querétaro y se presentan en la Tabla 5.1, en esta se indica la ubicación de los puntos de medición del ruido, los cuales que se presentan en la Figura 5.4.



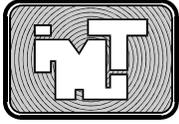
**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Punto	Carretera	Sentido
1	México – Querétaro Km 208+200	México
2	México – Querétaro Km 208+000	Querétaro
3	México – Querétaro Km 193+050	México
4	México – Querétaro Km 193+050	Querétaro
5	Querétaro – S.L.P. Km 12+800	S.L.P.
6	Querétaro – S.L.P. Km 12+750	Querétaro
7	Querétaro – Celaya Km 10+000	Celaya
8	Querétaro – Celaya Km 10+000	Querétaro
9	Querétaro – S.L.P. Km 26+200	S.L.P.
10	Querétaro – S.L.P. Km 26+100	Querétaro

**Tabla 5.1 Puntos de Medición**



**Figura 5.4 Puntos de Medición del ruido generado por la operación del transporte en las carreteras**



## 5.5 Resultados del Estudio de Campo

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.

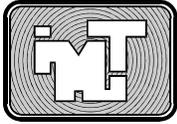
### 5.5.1 México – Querétaro Km 208+200 (sentido México)

Esta carretera está constituida por una carpeta asfáltica que se encuentra en buenas condiciones, se compone de tres carriles por sentido con un camellón central. Ver Figura 5.5.



**Figura 5.5 Condiciones de la carretera**

El tramo tiene una pendiente del  $-1.3\%$ , la cual fue obtenida mediante el uso de un



GPS al igual que todas las pendientes. Ver Figura 5.6.

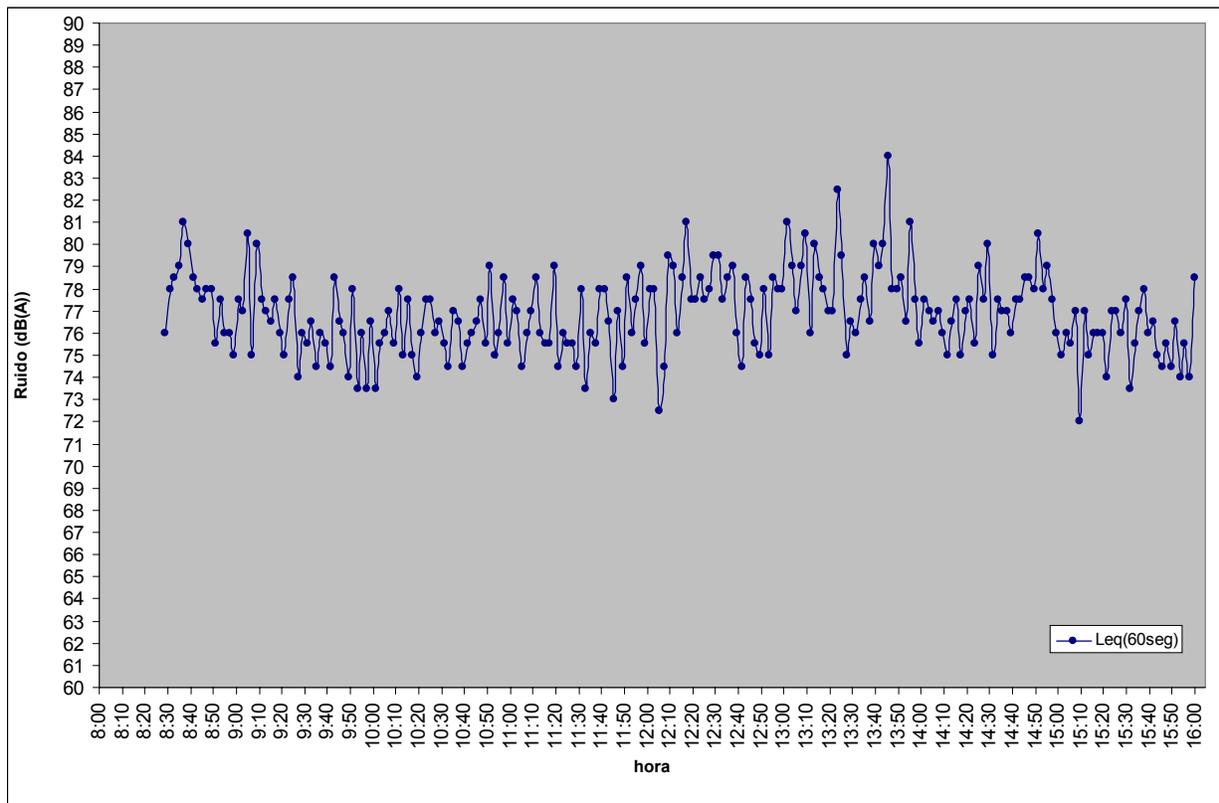
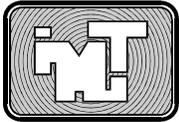


**Figura 5.6 Pendiente de la carretera**

La velocidad de proyecto en este tramo es de 110 Km/h y el TDPA que se ha registrado a lo largo de 1999 es de 18,744 vehículos por sentido, con una composición vehicular de 74% de automóviles (A), 9% de autobuses (B) y 17% de camiones (C).

Este punto de medición, al igual que el situado en el sentido opuesto (rumbo a Querétaro), se encuentran muy cercanos a zonas habitacionales, por lo que el ruido generado por esta carretera afecta directamente a las personas que ahí viven.

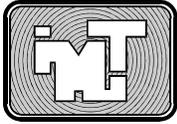
La distribución del ruido generado por la carretera a lo largo del tiempo, se muestra en la Figura 5.7.



**Figura 5.7 Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

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

- Nivel de presión sonora equivalente Leq (total)= 77.3 dB(A).
- Nivel percentil L50(total)= 77 dB(A).
- De la hora más ruidosa, que es de las 12:58 a las 13:58 horas, se obtuvo su Leq (hora)= 79 dB(A), así como el L10 (hora)= 80.5 dB(A).



- El  $L_{máx}$  = 84dB(A).
- El  $L_{min}$  = 72 dB(A).

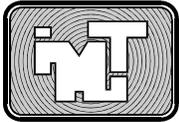
### 5.5.2. México – Querétaro Km 208+000 (sentido Querétaro)

La carretera está formada por una carpeta asfáltica que se encuentra en buenas condiciones, se compone de dos carriles por sentido con un camellón central. Ver Figura 5.8.



**Figura 5.8 Condiciones de la carretera**

La velocidad de proyecto de este tramo es de 110 Km/h y el TDPA que se ha registrado a lo largo de 1999 es de 18,974 vehículos por sentido, con una composición vehicular



de 73% de automóviles (A), 9% de autobuses (B) y 18% de camiones (C).

A unos 500 m del punto de medición en dirección a la Ciudad de Querétaro, existe un aviso de “Cierre su escape”.

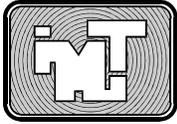
El tramo tiene una pendiente del +1.3% rumbo a Querétaro. Ver Figura 5.9.



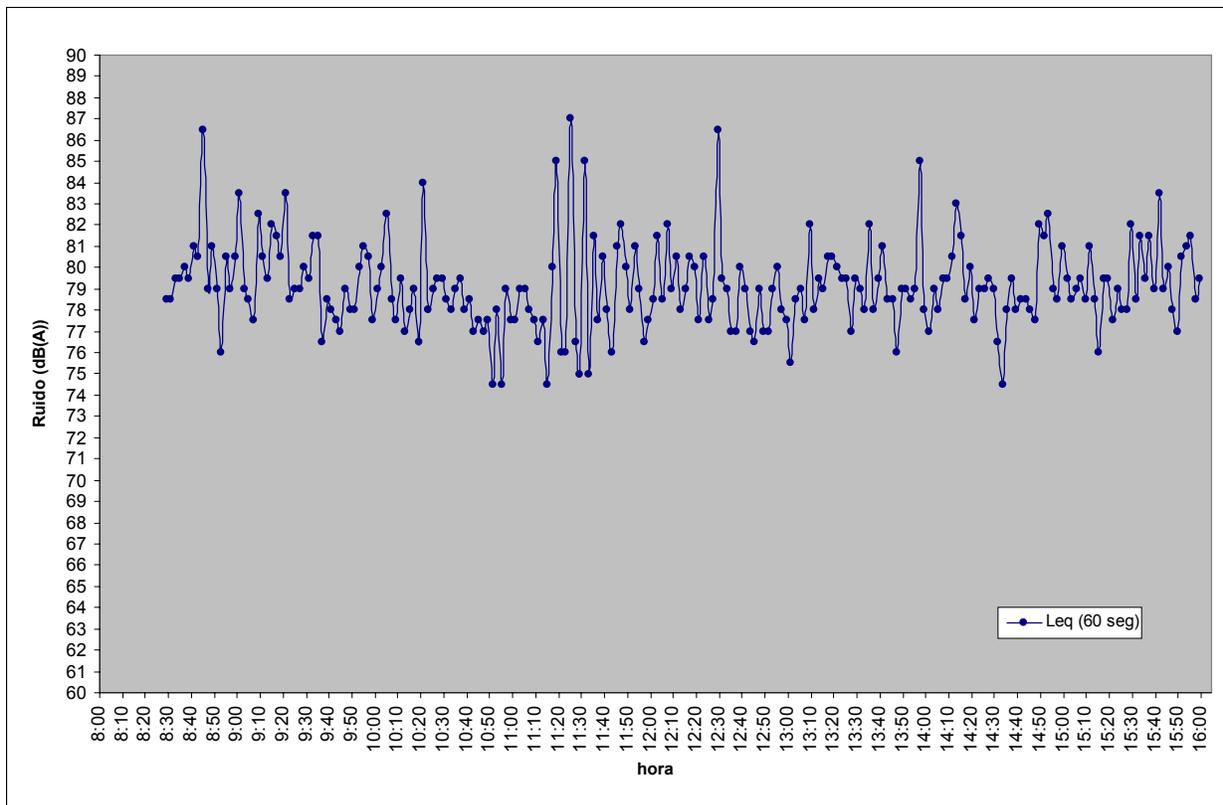
**Figura 5.9 Pendiente de la carretera**

A partir de la distribución del ruido generado por la operación del transporte a lo largo de tiempo (Figura 5.10), 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)= 79.7 dB(A).
- Nivel percentil  $L50$ (total)= 79 dB(A).



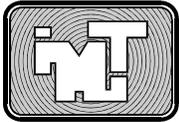
- De la hora más ruidosa, que es de las 08:38 a las 09:38 horas, se obtuvo su  $Leq$  (hora)= 80.9 dB(A), así como el  $L10$  (hora)= 82 dB(A).
- El  $L_{máx}$ = 86.5 dB(A).
- El  $L_{min}$ = 74.5 dB(A).



**Figura 5.10 Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

### 5.5.3 México – Querétaro Km 193+050 (sentido México)

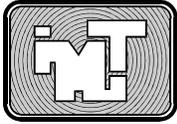
Este tramo de carretera está constituido por una losa de concreto hidráulico que se encuentra en buenas condiciones, se compone de tres carriles por sentido, acotamiento en ambos lados y un camellón central. Ver Figura 5.11. El tramo tiene una pendiente del +0.34% rumbo a México. Ver Figura 5.12.



**Figura 5.11 Condiciones de la carretera**

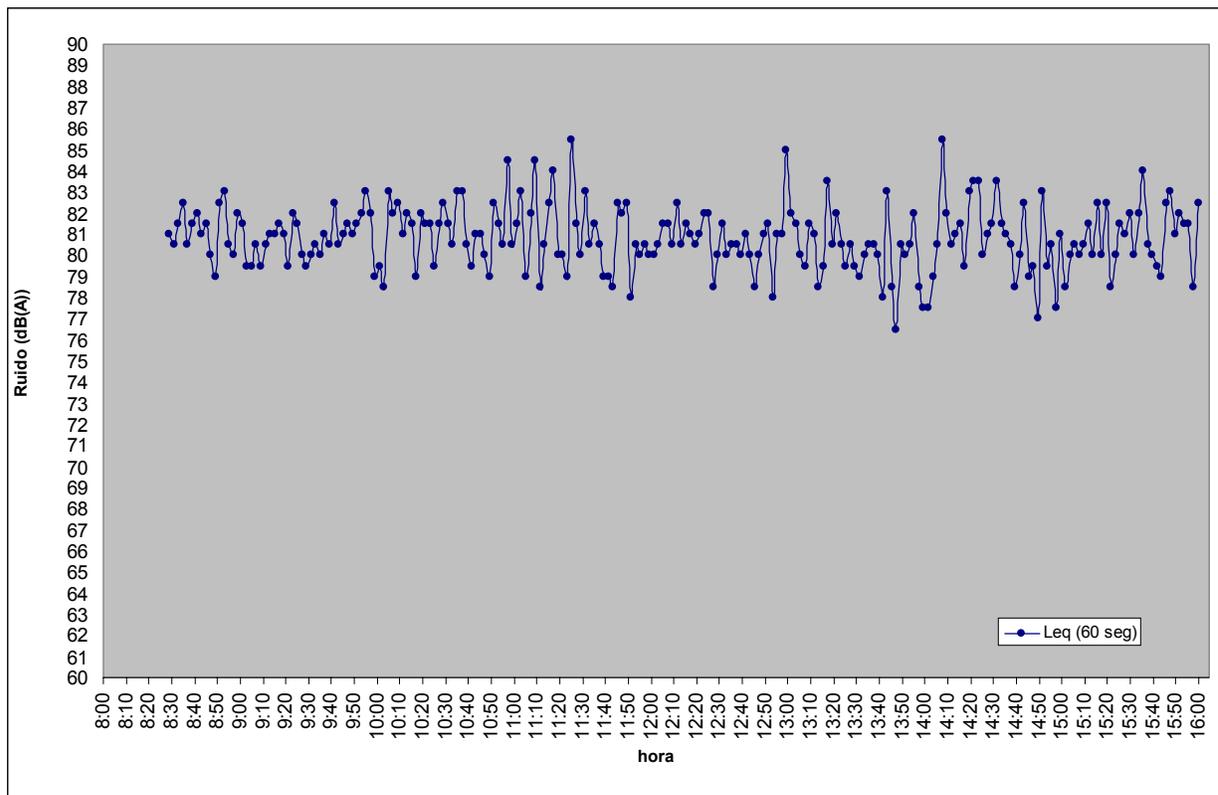


**Figura 5.12 Pendiente de la carretera**



La velocidad de proyecto en este tramo es de 110 Km/h y el TDPA registrado a lo largo de 1999 es de 16,030 vehículos por sentido, con una composición vehicular de 74% de automóviles (A), 9% de autobuses (B) y 17% de camiones (C).

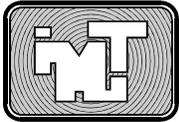
La distribución del ruido generado por la operación del transporte en la carretera a lo largo del tiempo, se muestra en la Figura 5.13.



**Figura 5.13 Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

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

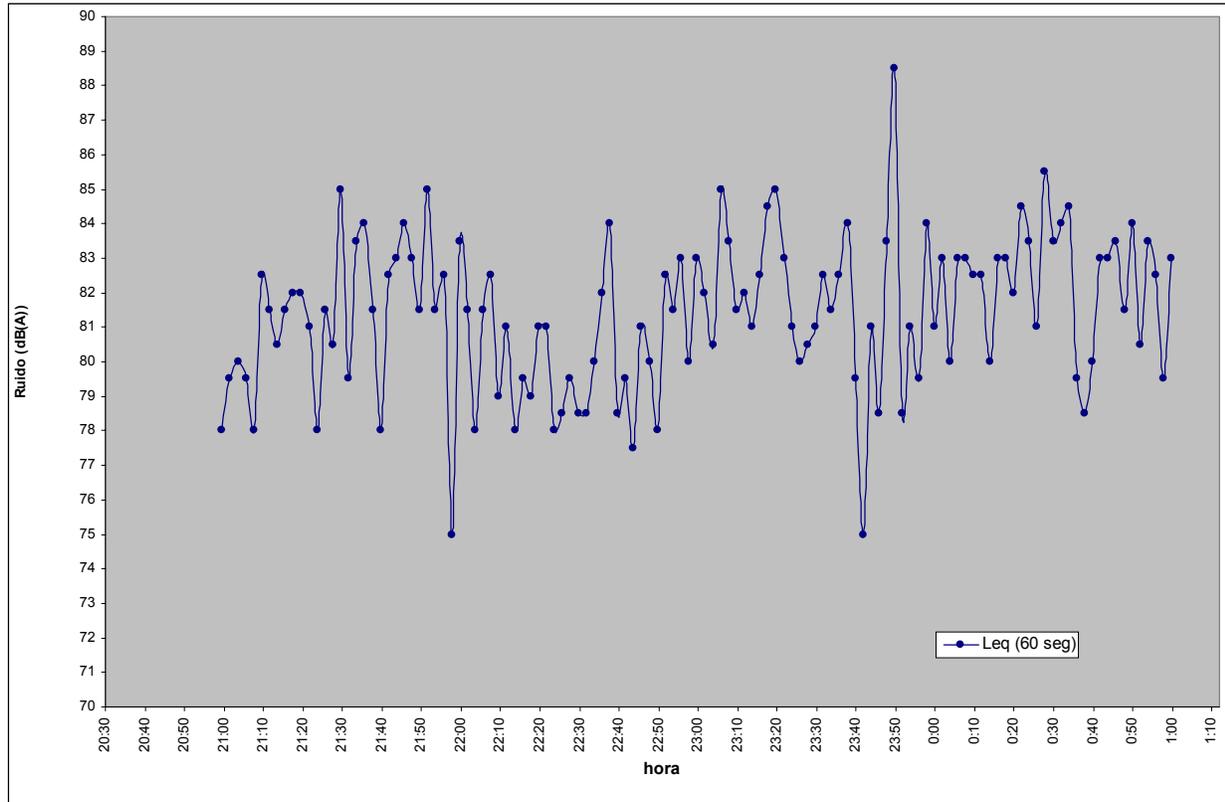
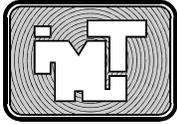
- Nivel de presión sonora equivalente Leq (total)= 81.1 dB(A).



- Nivel percentil L50(total)= 80.5 dB(A).
- De la hora más ruidosa, que es de las 10:28 a las 11:28 horas, se obtuvo su Leq (hora)= 81.8 dB(A), así como el L10 (hora)= 83.2 dB(A).
- El Lmáx= 85.5dB(A).
- El Lmin= 77 dB(A).

En virtud de que en este tramo de la carretera se encontraron los niveles de ruido más altos generados por la operación del transporte, se hizo una medición del ruido nocturno, en un período de cuatro horas comprendido entre las 21:00 y las 01:00 horas. La distribución del ruido generado por la operación del transporte se puede observar en la Figura 5.14. Los índices obtenidos son los siguientes:

- Nivel de presión sonora equivalente Leq (total)= 82 dB(A).
- Nivel percentil L50(total)= 82 dB(A).
- De la hora más ruidosa, que es de las 23:48 a las 00:48 horas, se obtuvo su Leq (hora)= 83dB(A), así como el L10 (hora)= 79.5 dB(A).
- El Lmáx= 88.5 dB(A).
- El Lmin= 75 dB(A).

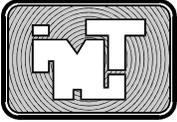


**Figura 5.14 Distribución del ruido a lo largo del tiempo (horario nocturno)**

#### 5.5.4 México – Querétaro Km 193+050 (sentido Querétaro)

Este tramo de la carretera está constituido por una losa de concreto hidráulico que se encuentra en buenas condiciones, se compone de tres carriles por sentido con un camellón central. Ver Figura 5.15.

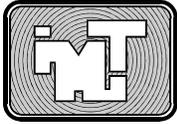
El tramo tiene una pendiente de  $-0.34\%$  rumbo a Querétaro. Ver Figura 5.16.



**Figura 5.15 Condiciones de la carretera**

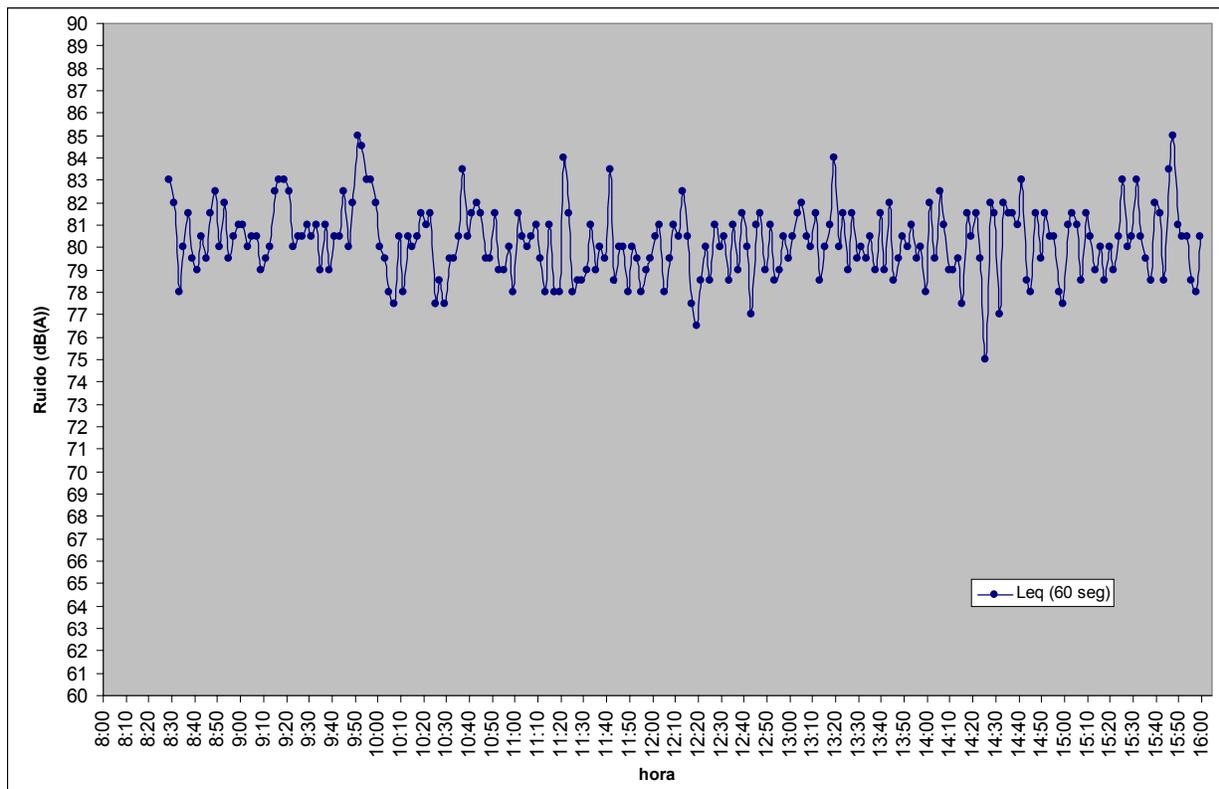


**Figura 5.16 Pendiente de la carretera**



La velocidad de proyecto de este tramo es de 110 Km/h y el TDPA que se ha registrado a lo largo de 1999 es de 16,295 vehículos por sentido, con una composición vehicular de 73% de automóviles (A), 9% de autobuses (B) y 18% de camiones (C).

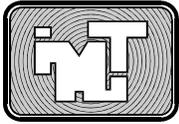
La distribución del ruido generado por la operación del transporte en la carretera a lo largo de tiempo se puede ver en la Figura 5.17.



**Figura 5.17 Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

A partir de la distribución del ruido generado por la operación del transporte en la carretera a lo largo de tiempo, 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)= 80.6 dB(A).
- Nivel percentil L50(total)= 80.5 dB(A).



- De la hora más ruidosa, que es de las 09:00 a las 10:00 horas, se obtuvo su  $Leq$  (hora)= 81.5 dB(A), así como el  $L_{10}$  (hora)= 83 dB(A).
- El  $L_{máx}$ = 85dB(A).
- El  $L_{min}$ = 75 dB(A).

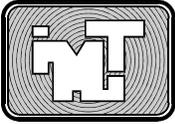
### 5.5.5 Querétaro – San Luis Potosí Km 12+800 (sentido S. L. P.)

Este tramo de carretera está constituido por una carpeta asfáltica que se encuentra en buenas condiciones, se compone de 2 carriles por sentido, acotamiento en ambos lados y un camellón central. Ver Figura 5.18.



**Figura 5.18 Condiciones de la carretera**

El tramo tiene una pendiente del +2.4%, rumbo a San Luis Potosí. Ver Figura 5.19.

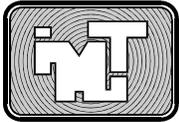


**Figura 5.19 Pendiente de la carretera**

La velocidad de proyecto de este tramo es de 110 Km/h y el TDPA que se ha registrado a lo largo de 1999 es de 10,394 vehículos por sentido, con una composición vehicular de 75% de automóviles (A), 6% de autobuses (B) y 19% de camiones (C).

A partir de la distribución del ruido generado por la operación del transporte en la carretera a lo largo del tiempo (Figura 5.20), 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)= 78.3 dB(A).
- Nivel percentil  $L50$ (total)= 77.75 dB(A).



- De la hora más ruidosa, que es de las 10:46 a las 11:46 horas, se obtuvo su  $Leq$  (hora)= 79.3 dB(A), así como el  $L_{10}$  (hora)= 81 dB(A).
- El  $L_{máx}$ = 83.5dB(A).
- El  $L_{min}$ = 73 dB(A).

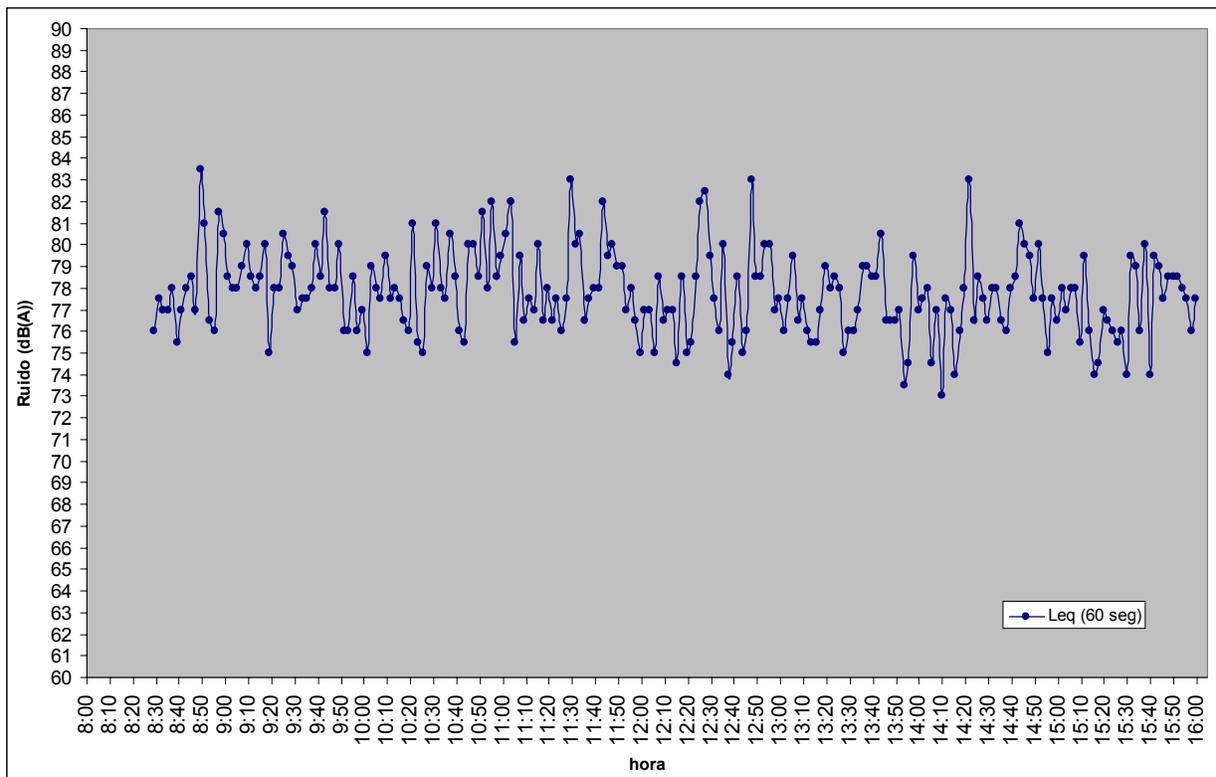
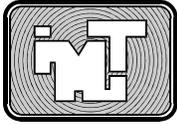


Figura 5.20 Distribución del ruido a lo largo del tiempo

### 5.5.6 Querétaro – San Luis Potosí Km 12+750 (sentido Querétaro)

Este tramo de la carretera está constituido por una carpeta asfáltica que se encuentra



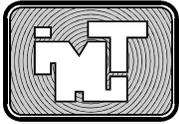
en buenas condiciones, se compone de dos carriles por sentido, acotamiento a ambos lados y un camellón central. Ver Figura 5.21.



**Figura 5.21 Condiciones de la carretera**

La velocidad de proyecto en este tramo es de 110 Km/h y el TDPA que se ha registrado a lo largo de 1999 es de 10,449 vehículos por sentido, se presenta una composición vehicular de 75% de automóviles (A), 6% de autobuses (B) y 19% de camiones (C).

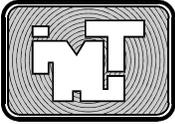
El tramo tiene una pendiente del  $-2.4\%$ , rumbo a Querétaro. Ver Figura 5.22.



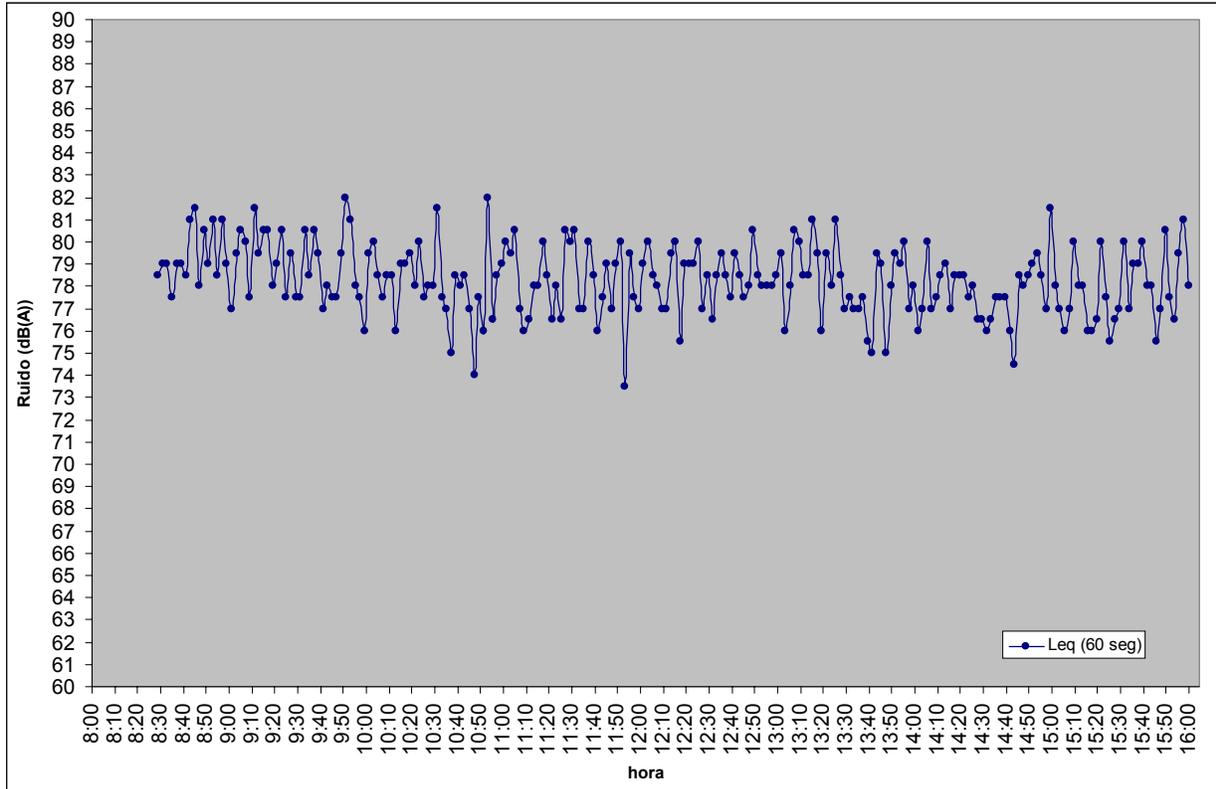
**Figura 5.22 Pendiente de la carretera**

A partir de la distribución del ruido generado por la operación del transporte en la carretera a lo largo del tiempo (Figura 5.23), 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)= 78.6 dB(A).
- Nivel percentil  $L50$ (total)= 78.5 dB(A).
- De la hora más ruidosa, que es de las 08:30 a las 09:30 horas, se obtuvo su  $Leq$  (hora)= 79.6 dB(A), así como el  $L10$  (hora)= 80.6 dB(A).
- El  $L_{máx}$ = 82 dB(A).



- El Lmin= 73.5 dB(A).

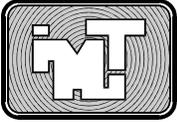


**Figura 5.23 Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

### 6.5.7 Querétaro – Celaya Km 10+000 (sentido Celaya)

Este tramo de la carretera está constituido por una carpeta asfáltica que se encuentra en buenas condiciones, se compone de dos carriles y los sentidos de circulación no se hallan separados por un camellón. Ver Figura 5.24.

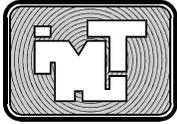
El tramo tiene una pendiente del +6.31%, rumbo a Celaya. Ver Figura 5.25.



**Figura 5.24 Condiciones de la carretera**

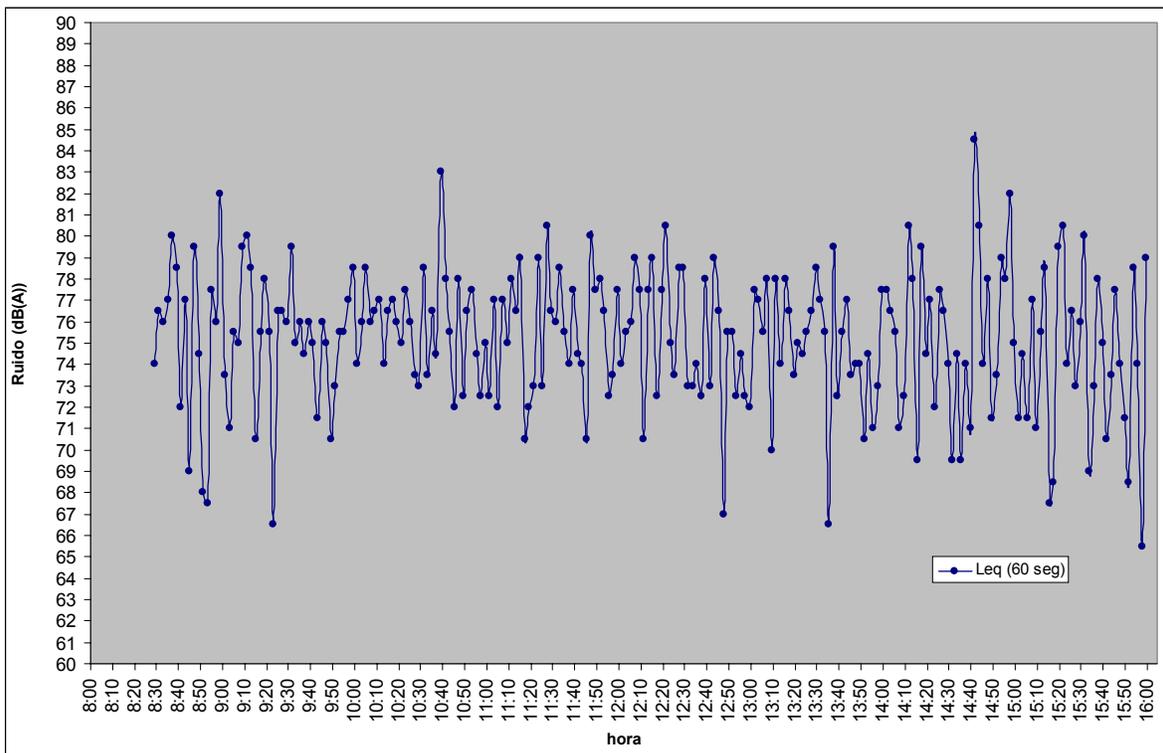


**Figura 5.25 Pendiente de la carretera**



La velocidad de proyecto de este tramo de la carretera es de 100 Km/h y el TDPA que se ha registrado a lo largo de 1999 es de 5,282 vehículos por sentido, la composición vehicular que se ha encontrado es de 65% de automóviles (A), 6% de autobuses (B) y 29 % de camiones (C).

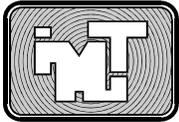
La distribución del ruido generado por la operación de la carretera se puede observar en la Figura 5.26.



**Figura 5.26 Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

A partir de la distribución del ruido generado por la operación de la carretera, se obtienen ciertos índices que permiten caracterizar el comportamiento sonoro de una carretera, éstos se presentan a continuación:

- Nivel de presión sonora equivalente Leq (total)= 76.3 dB(A).



- Nivel percentil L50(total)= 75.5 dB(A).
- De la hora más ruidosa, que es de las 14:42 a las 15:42 horas, se obtuvo su  $Leq$  (hora)= 77.4 dB(A), así como el L10 (hora)= 79 dB(A).
- El  $L_{máx}$ = 84.5 dB(A).
- El  $L_{min}$ = 65.5 dB(A).

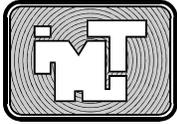
### 5.5.8 Querétaro – Celaya Km 10+000 (sentido Querétaro)

Esta carretera está formada por una carpeta asfáltica que se encuentra en buenas condiciones, se compone de 2 carriles sin camellón central que separe los sentidos de circulación. Ver Figura 5.27.



**Figura 5.27 Condiciones de la carretera**

La velocidad de proyecto de este tramo es de 100 Km/h y el TDPA que se ha registrado a lo largo de 1999 es de 5,282 vehículos por sentido, con una composición vehicular de



65% de automóviles (A), 6% de autobuses (B) y 29% de camiones (C).

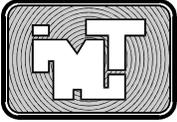
El tramo tiene una pendiente del -6.31%, rumbo a Querétaro. Ver Figura 5.28.



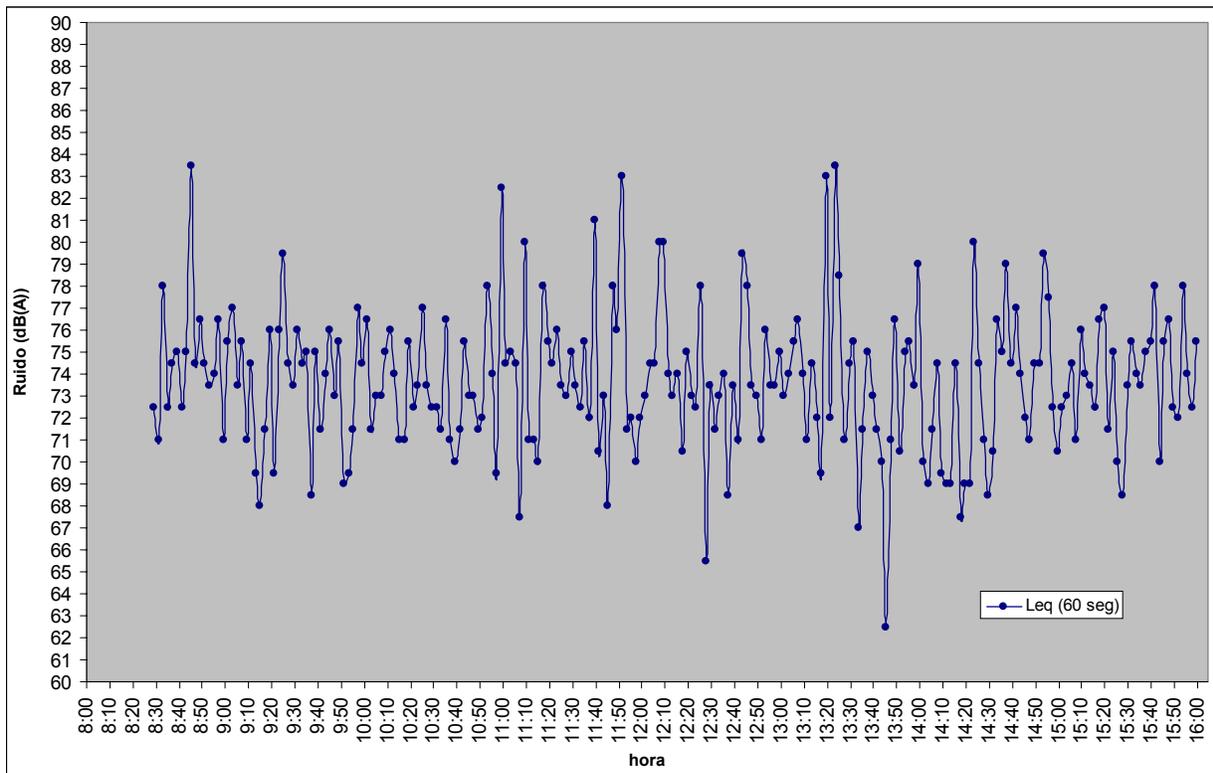
**Figura 5.28 Pendiente de la carretera**

A partir de la distribución del ruido generado por la operación del transporte en la carretera (Figura 5.29), se obtienen ciertos índices que permiten caracterizar el comportamiento sonoro de una carretera, éstos se presentan a continuación:

- Nivel de presión sonora equivalente  $Leq$  (total)= 75 dB(A).
- Nivel percentil  $L50$ (total)= 73.5 dB(A).
- De la hora más ruidosa, que es de las 10:54 a las 11:54 horas, se obtuvo su  $Leq$  (hora)= 76.5 dB(A), así como el  $L10$  (hora)= 77.8 dB(A).



- El  $L_{m\acute{a}x}$  = 83.5 dB(A).
- El  $L_{m\acute{i}n}$  = 62.5 dB(A).

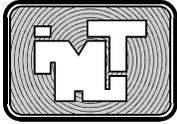


**Figura 5.29 Distribución del ruido a lo largo de tiempo**

### 5.5.9 Querétaro – San Luis Potosí Km 26+200 (sentido S.L.P.)

Esta carretera está constituida por una carpeta asfáltica que se encuentra en buenas condiciones, se compone de dos carriles, acotamiento a ambos lados y un camellón central. Ver Figura 5.30.

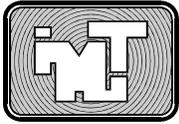
El tramo tiene una pendiente del +4.43%, rumbo a San Luis Potosí. Ver Figura 5.31.



**Figura 5.30 Condiciones de la carretera**

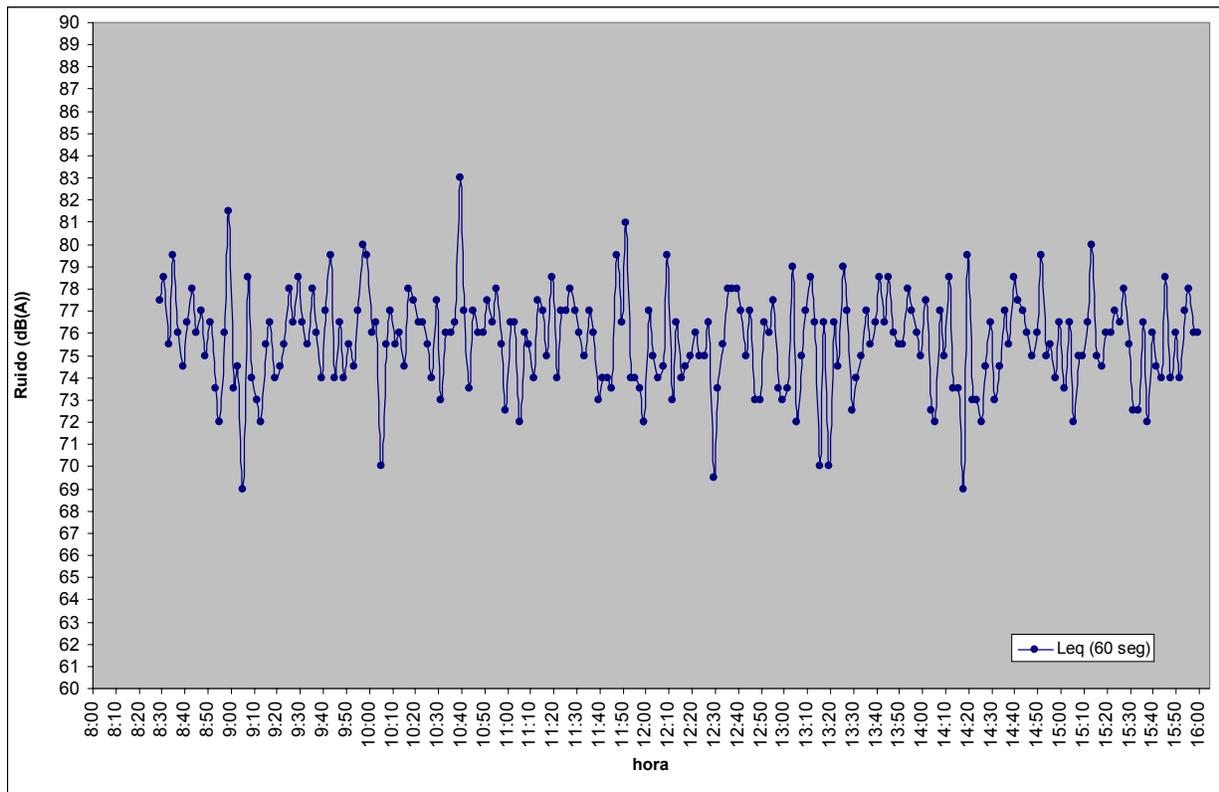


**Figura 5.31 Pendiente de la carretera**



La velocidad de proyecto de este tramo es de 110 Km/h y el TDPA que se ha registrado a lo largo de 1999 es de 7,881 vehículos por sentido, con una composición vehicular de 81% de automóviles (A), 3% de autobuses (B) y 16% de camiones (C).

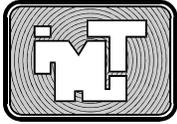
La distribución del ruido generado por la operación del transporte en la carretera a lo largo del tiempo se puede ver en la Figura 5.32.



**Figura 5.32 Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

A partir de las mediciones del ruido generado por la operación del transporte en la carretera a lo largo del tiempo, 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)= 76.2 dB(A).
- Nivel percentil L50(total)= 76 dB(A).



- De la hora más ruidosa, que es de las 09:42 a las 10:42 horas, se obtuvo su  $Leq$  (hora)= 77 dB(A), así como el  $L10$  (hora)= 79 dB(A).
- El  $L_{máx}$ = 83 dB(A).
- El  $L_{min}$ = 69 dB(A).

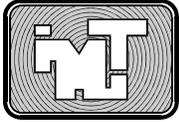
#### 5.5.10 Querétaro – San Luis Potosí Km 26+100 (sentido Querétaro)

Este tramo de la carretera está constituido por una carpeta asfáltica que se encuentra en buenas condiciones, se compone de 2 carriles por sentido, acotamiento a ambos lados y un camellón central. Ver Figura 5.33.



**Figura 5.33 Condiciones de la carretera**

El tramo tiene una pendiente de  $-4.43\%$ , rumbo a Querétaro. Ver Figura 5.34.

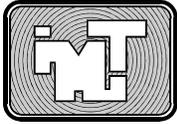


**Figura 5.34 Pendiente de la carretera**

La velocidad de proyecto a lo largo de este tramo de carretera es de 110 Km/h y el TDPA que se ha registrado a lo largo de 1999 es de 7,835 vehículos por sentido, con una composición vehicular de 72% de automóviles (A), 7% de autobuses (B) y 21% de camiones (C).

A partir de la distribución del ruido generado por la operación del transporte en la carretera (Figura 5.35), se obtienen ciertos índices que permiten caracterizar el comportamiento sonoro de una carretera, éstos se presentan a continuación:

- Nivel de presión sonora equivalente  $Leq$  (total)= 79 dB(A).
- Nivel percentil  $L50$ (total)= 78.5 dB(A).
- De la hora más ruidosa, que es de las 10:20 a las 11:20 horas, se obtuvo su  $Leq$



(hora)= 79.8 dB(A), así como el L10 (hora)= 81.3 dB(A).

- El L<sub>máx</sub>= 87 dB(A).
- El L<sub>min</sub>= 71.5 dB(A).

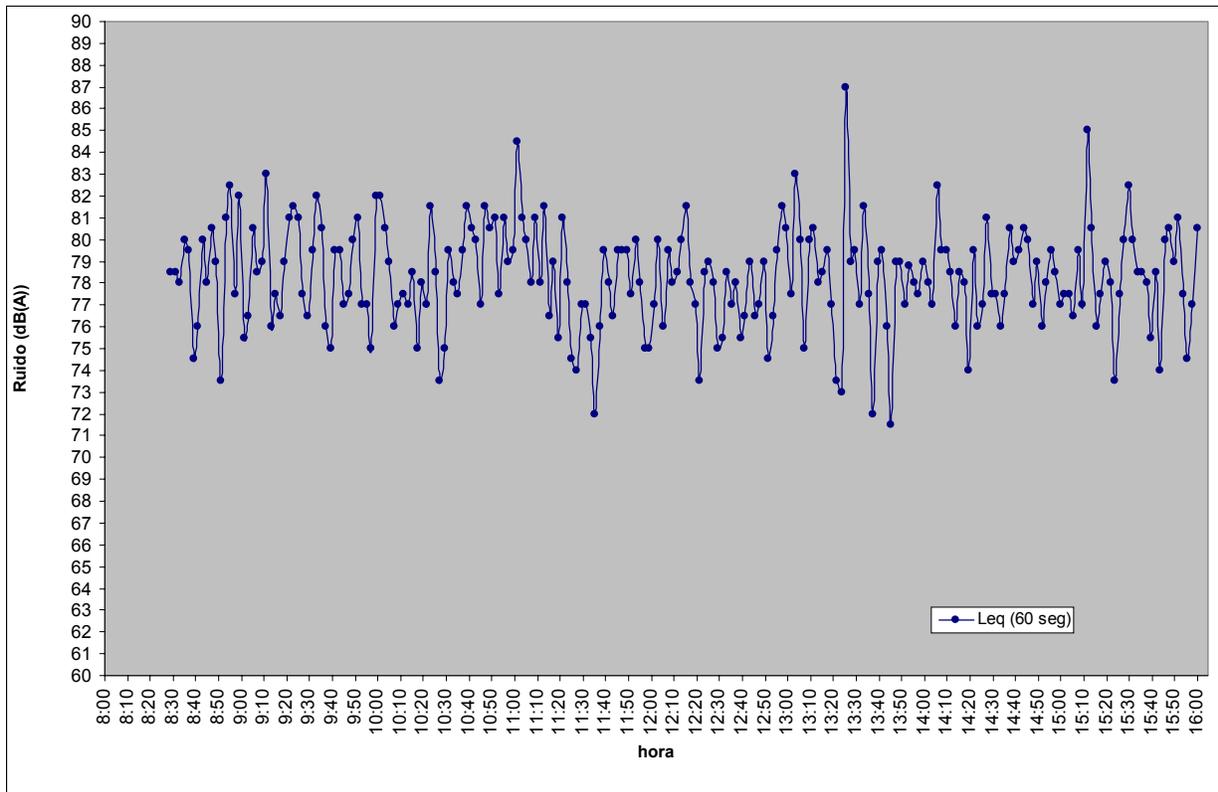
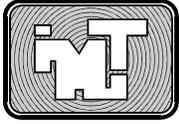


Figura 5.35 Distribución del ruido a lo largo del tiempo

### 5.5.11 Resumen de resultados

En la Tabla 5.2 se presentan los datos generales de los puntos de medición, las características del tránsito y los índices de caracterización del comportamiento sonoro de cada tramo de carretera estudiado.

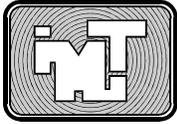


ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

Punto	Carretera	Sentido	Pendiente	No. de Carriles	Tipo de Pavimento	Estado	Velocidad (Km/h)	TDPA	Composición vehicular			Lmin	Lmáx	Leq (Total)	L50 (Total)	Hora más ruidosa	Leq (hora más ruidosa)	L10 (hora más ruidosa)
									(A)	(B)	(C)							
1	México - Querétaro 208+200	México	-1.3%	3 + lateral	Asfalto	Bueno	110	18,744	74	9	17	72	84	77.3	77	12:58 a 1:58 pm	79	80.5
2	México - Querétaro 208+000	Querétaro	+1.3%	4 + lateral	Asfalto	Bueno	110	18,974	73	9	18	74.5	86.5	79.7	79	8:38 a 9:38 am	80.9	82
3	México - Querétaro 193+050	México	+0.34%	5 + lateral	Concreto Hidráulico	Bueno	110	16,030	74	9	17	77	85.5	81.1	80.5	10:28 a 11:28 am	81.8	83.2
4	México - Querétaro 193+050	Querétaro	-0.34%	6 + lateral	Concreto Hidráulico	Bueno	110	16,295	73	9	18	75	85	80.6	80.5	9:00 a 10:00 am	81.5	83
5	Querétaro - S.L.P. 12+800	S.L.P.	+2.4%	2	Asfalto	Bueno	110	10,394	75	6	19	73	83.5	78.3	77.75	10:46 a 11:46 am	79.3	81
6	Querétaro - S.L.P. 12+750	Querétaro	-2.4%	2	Asfalto	Bueno	110	10,449	75	6	19	73.5	82	78.6	78.5	8:30 a 9:30 am	79.6	80.6
7	Querétaro - Celaya 10+000	Celaya	+6.31%	2	Asfalto	Bueno	100	5,282	65	6	29	65.5	84.5	76.3	75.5	2:42 a 3:42 pm	77.4	79
8	Querétaro - Celaya 10+000	Querétaro	-6.31%	2	Asfalto	Bueno	100	5,282	65	6	29	62.5	83.5	75	73.5	10:54 a 11:54 am	76.5	77.8
9	Querétaro - S.L.P. 26+200	S.L.P.	+4.43%	2 + lateral	Asfalto	Bueno	110	7,881	81	3	16	69	83	76.2	76	9:42 a 10:42 am	77	79
10	Querétaro - S.L.P. 26+100	Querétaro	-4.43%	2 + lateral	Asfalto	Bueno	110	7,835	72	7	21	71.5	87	79	78.5	10:20 a 11:20 am	79.8	81.3

6

Tabla 5.2 Características de los Puntos de Medición



## **ANÁLISIS Y EVALUACION DE RESULTADOS**

En este capítulo se presenta un análisis de los resultados obtenidos en el estudio de campo, describiendo las variaciones en los niveles de ruido que se presentaron en los tramos de estudio y los factores que influyen de manera más notable en la generación del ruido. Para finalizar, se hará una comparación de los niveles de ruido encontrados en las carreteras estudiadas con las diversas normas nacionales e internacionales.

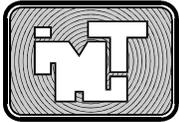
### **6.1 Variaciones en los Niveles de Ruido Medidos en Función de las Características de las Carreteras.**

Las lecturas del ruido tomadas en los puntos de medición, varían de manera importante de acuerdo a las características geométricas de la carretera y del tránsito vehicular.

Con los datos obtenidos del estudio de campo, no es posible establecer una correlación entre estas características y el ruido generado por las carreteras que pueda extrapolarse para ser usada en la predicción del ruido en las carreteras; sin embargo, es posible hacer algunas observaciones generales importantes.

Se ha observado que el ruido varía de manera significativa de acuerdo a las características geométricas de la carretera en estudio, es decir, en función del número de carriles, de la pendiente, del tipo de pavimento, del estado de deterioro de la carretera, de la velocidad, del TDPA y de la composición vehicular.

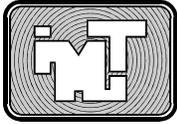
La carretera México - Querétaro está compuesta por tres carriles de circulación, los niveles de ruido más altos se obtuvieron debido al paso simultáneo de dos y en algunos casos, 3 camiones de carga. Ver Figura 6.1.



**Figura 6.1 Paso simultáneo de camiones**

La pendiente definitivamente influye de manera importante en los niveles de ruido generados por la operación del transporte en las carreteras.

En el Km 26+200 de la carretera Querétaro - San Luis Potosí rumbo a S.L.P. se cuenta con una pendiente de +4.43%, un Leq (7.5 h) de 76.2 dB(A) y un TDPA de 7,881 vehículos por sentido; en el Km 26+100 se tiene una pendiente de -4.43% rumbo a Querétaro, un Leq (7.5 h) de 79 dB(A) y un TDPA de 7,835 vehículos por sentido, se puede observar que el TDPA por sentido de ambos puntos es prácticamente el mismo; sin embargo, existe una diferencia de 2.8 dB(A) en las mediciones en ambos puntos, esto se debe a que existe una curva cerrada rumbo a Querétaro en el tramo en que baja el nivel de la carretera, por lo que los camiones se ven obligados a usar el freno de motor.

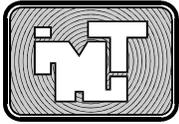


Por lo general, los operadores de camiones de carga al ver ante sí una cuesta en la carretera, procuran aumentar la velocidad del camión para que el motor no se esfuerce, de tal manera que la pérdida de velocidad producida por la carretera en ascenso se pueda compensar con la ganada en la aceleración previa.

En el caso de una carretera con una pendiente descendente, los choferes van cuidando que el camión no se acelere en exceso, para que esto no ocurra y para no quemar las balatas recurren al uso del freno de motor; en el caso del punto de medición ubicado en el Km 26+100 de la carretera Querétaro - San Luis Potosí, existe una distancia relativamente corta entre el punto en que comienza a bajar la carretera y una curva pronunciada (Figura 6.2). Con el uso del freno de motor, las lecturas del ruido instantáneas se disparan arriba de los 120 dB(A), por arriba de la zona del umbral del dolor para el oído humano, en este punto se alcanzó un Leq (60 seg) máximo de 87 dB(A), por esta razón.

El tipo de pavimento también influye en el nivel de ruido generado por la carretera; de los diez puntos de medición del estudio de campo, dos cuentan con pavimentos de concreto hidráulico y los otros ocho son pavimentos de concreto asfáltico, los puntos de medición del ruido ubicados en la carretera México - Querétaro en el Km 193+050 son pavimentos de concreto hidráulico y los Leq(7.5 h) medidos rumbo a México y rumbo a Querétaro son de 81.1 dB(A) y 80.6 dB(A) respectivamente, siendo los más altos registrados en el estudio de campo, vale la pena señalar que en esta carretera es donde se presentan los mayores volúmenes vehiculares. De cualquier manera, existen estudios donde se demuestra la influencia del tipo de pavimento en la generación del ruido. Ver Referencia No. 5.

En todos los puntos de medición las condiciones del pavimento fueron buenas, por lo cual no es posible hacer observaciones que relacionen el deterioro del pavimento con los niveles de ruido que se producen en las carreteras.

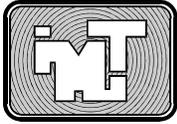


**Figura 6.2 Tramo en descenso con curva cercana**

En los puntos de medición del ruido la velocidad oscila entre los 100 y 110 Km/h, basándose en estudios realizados en España, se ha observado que en ese rango de velocidad el ruido producido por los automóviles se debe en su mayoría al contacto entre la llanta y el pavimento mientras que en el caso de los autobuses y camiones, el ruido que producen se debe en mayor medida al funcionamiento de las partes mecánicas (motor, transmisión, escape, etc).

Cuando un vehículo se encuentra en proceso de aceleración, ya sea un automóvil, autobús o camión, el ruido que produce se debe en su mayoría al funcionamiento de las partes mecánicas.

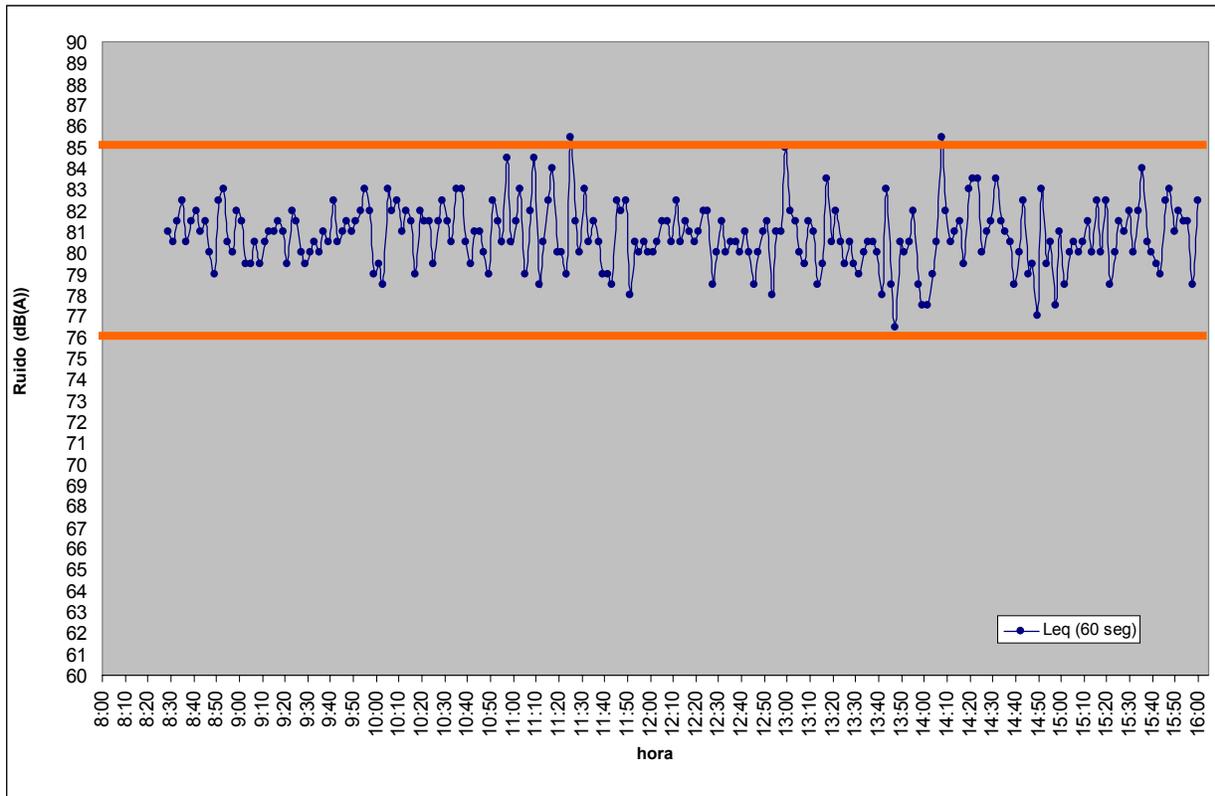
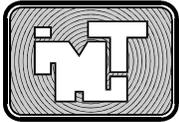
El nivel de ruido que produce el tránsito que circula por una carretera se halla en



función del TDPA y de su composición vehicular, para una mismo TDPA, la composición vehicular del tránsito es el factor que influye de manera más importante en la generación del ruido, los camiones son los vehículos que producen los niveles de ruido más altos en su tránsito por una carretera, de ahí que a mayor porcentaje de camiones en la composición vehicular se tengan niveles de ruido mayores.

Se toman como ejemplo dos puntos de medición, el primero ubicado sobre la carretera México - Querétaro en el Km 208+200 en el que se tiene un TDPA de 18,744 vehículos por sentido con una composición vehicular de 74% automóviles, 9% autobuses y 17% de camiones con un  $Leq(7.5 h)$  de 77.3 dB(A) y el segundo sobre la carretera Querétaro - Celaya en el Km 10+000, en el que se tiene un TDPA de 5,282 vehículos por sentido con una composición vehicular de 65% automóviles, 6% autobuses y 29% de camiones con un  $Leq(7.5 h)$  de 76.3 dB(A), entre ellos se presenta una diferencia en el  $Leq(7.5 h)$  obtenido de 1 dB(A), lo cual es muy poco si se considera que el tránsito que circula por el primer punto de medición citado es más de 3.5 veces mayor el que circula por el segundo punto; sin embargo, por el segundo punto en estudio pasa un 12% más de camiones.

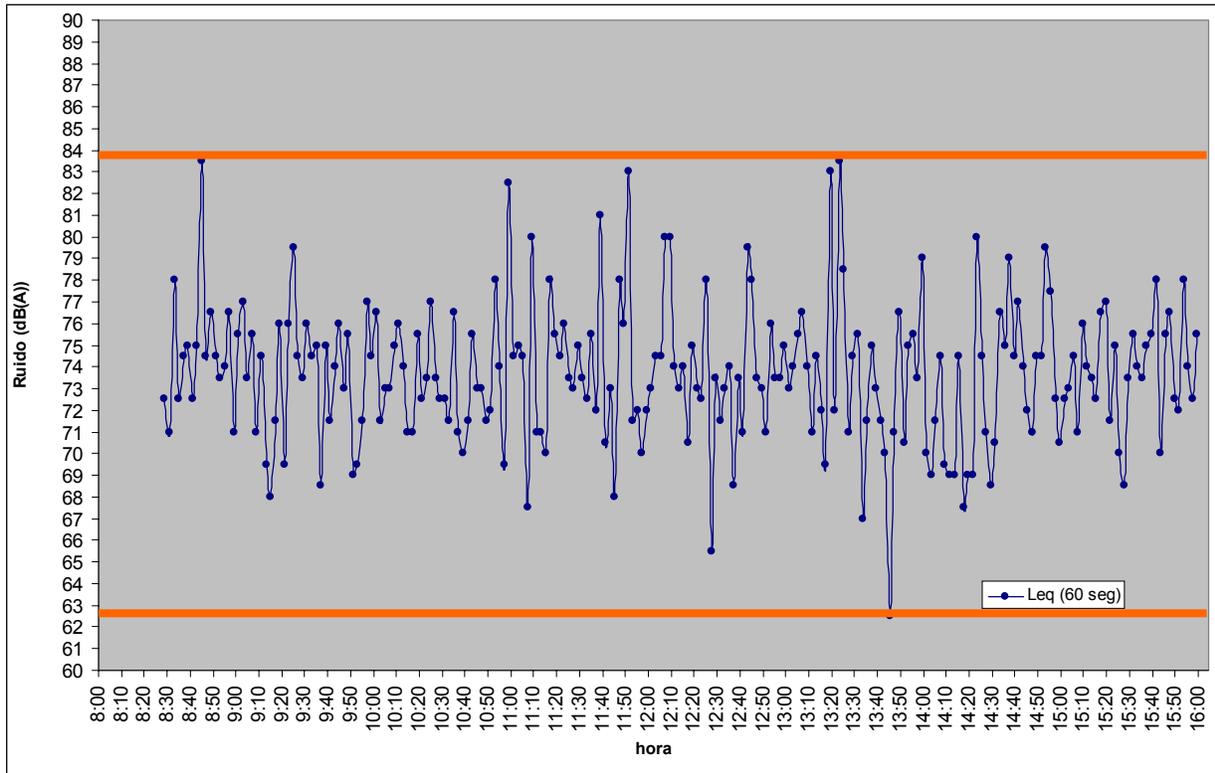
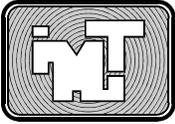
Como se puede observar en la Figura 6.3, los  $Leq(60 seg)$  registrados en la carretera México - Querétaro en el Km 193+050 con rumbo a México se hallan ubicados en un rango que va desde los 77 a los 85.5 dB(A), en una franja relativamente estrecha.



**Figura 6.3 Rango de medición de lecturas del ruido, México - Querétaro Km 193+050 rumbo a México.**

En la Figura 6.4 se puede apreciar que los Leq(60 seg) registrados en la carretera Querétaro-Celaya en el Km 10+000 con rumbo a Querétaro, se hallan ubicados en un rango que varía desde los 62.5 a los 83.5 dB(A), en una franja mucho más amplia que la observada en la Figura 6.3.

La diferencia que se observa en la amplitud de la franja en la que se ubican los Leq (60 seg) en las Figuras 6.3 y 6.4, se debe al TDPA que se presenta en estas dos carreteras, en el caso de la primera se tiene un TDPA de 16,030 vehículos por sentido, mientras en la segunda carretera el TDPA es de 5,282 vehículos por sentido.

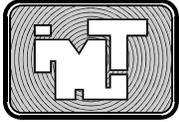


**Figura 6.4** Rango de medición de lecturas del ruido, Querétaro - Celaya Km 10+000 rumbo a Querétaro.

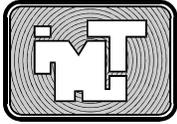
## 6.2 Comparación entre los niveles obtenidos en las carreteras del Estado de Querétaro con la Normativa Mexicana e Internacional

Para poder evaluar el ruido generado por la operación del transporte en las carreteras en estudio, es necesario la obtención de ciertos índices a partir de los datos obtenidos en el estudio de campo, los cuales se comparan contra el valor límite de ruido especificado para ciertas condiciones de la carretera por la normativa de cada país u organización:

- En el caso de México, se puede utilizar el valor de 68 dB(A) si se supone a las carreteras como una fuente de emisión de ruido fija, como se puede apreciar en el “Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión del Ruido”, Capítulo III, artículo 11.



- Para el caso de la OMS, se tomó un nivel de ruido límite de 75 dB(A) por un período de exposición de 8 horas estimado para un ambiente laboral.
- Para la OCDE se tomó un nivel de ruido límite Leq para un período diurno en una carretera existente de 60 a 70 dB(A).
- Para la CCE y DGXI, se tomó un nivel de ruido límite Leq para un período diurno en una carretera existente de 65 a 70 dB(A).
- Para la Normativa Japonesa, se tomó un nivel de ruido límite estadístico L50 para un período diurno en una zona de servicios públicos cerca de una carretera de dos o más carriles de 65 dB(A).
- Para la Normativa Finlandesa, se tomó un nivel de ruido límite Leq para un período diurno en un área existente de tipo residencial, con servicios públicos y recreativos de 55 dB(A).
- Para la Normativa Francesa, se tomó un nivel de ruido límite Leq para un período diurno, en una zona de locales de oficina con un ambiente sonoro moderado de 65 dB(A).
- En el caso de la Normativa de Estados Unidos, se tomó un nivel de ruido límite Leq de 72 dB(A) y un límite estadístico L10 de 75 dB(A), de la hora más ruidosa, para una zona en la que las urbanizaciones no tengan como fin el descanso, recreación o estudio de personas.
- En la Normativa Española se tomó un nivel de ruido límite para un período diurno en una zona comercial e industrial de 75 dB(A).

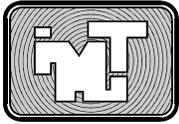


- En la Normativa Chilena, se tomó un nivel de ruido límite para un período diurno en una zona cuyo uso de suelo de acuerdo al plan maestro sea industrial, con industria inofensiva y/o molesta de 70 dB(A).

Como se puede observar, existen 4 índices para la evaluación de los resultados obtenidos en el estudio de campo contra la normativa Mexicana e Internacional, éstos son: Leq (7.5 h), Leq (hora más ruidosa), L10 (hora más ruidosa) y L50 (7.5 h); la evaluación de los resultados queda resumida en la Tabla 6.1.

Carretera	Leq		L50	Leq	L10
	(7.5 h)			(hora más ruidosa)	
	México 68	OMS 75 OCDE 60/70 CCE, DGXI 65/70 Finlandia 55 Francia 65 España 75 Chile 70	Japón 65	E.U.A. 72	E.U.A. 75
México-Querétaro Km 208+200 (México)	77.3		79	80.5	77
México-Querétaro Km 208+000 (Qro.)	79.7		80.9	82	79
México-Querétaro Km 193+050 (México)	81.1		81.8	83.2	80.5
México-Querétaro 193+050 (Querétaro)	80.6		81.5	83	80.5
Querétaro-S.L.P. Km 12+800 (S.L.P.)	78.3		79.3	81	77.75
Querétaro-S.L.P. Km 12+750 (Querétaro)	78.6		79.6	80.6	78.5
Querétaro-Celaya Km 10+000 (Celaya)	76.3		77.4	79	75.5
Querétaro-Celaya Km 10+000 (Querétaro)	75		76.5	77.8	73.5
Querétaro-S.L.P. Km 26+200 (S.L.P.)	76.2		77	79	76
Querétaro-S.L.P. Km 26+100 (Querétaro)	79		79.8	81.3	78.5

**Tabla 6.1 Evaluación del Ruido Generado por la Operación del Transporte en algunas Carreteras del Estado de Querétaro contra una Normativa Mexicana e Internacional en dB(A)**



Como se puede apreciar en la Tabla 6.1, el límite sonoro utilizado para México, de 68 dB(A), se halla ampliamente rebasado en todos los puntos de medición, en el más favorable y desfavorable de los casos en 7 y 13.1 dB(A) respectivamente.

Para las normativas que utilizan como índice de referencia el Leq para un período de 7.5 horas, en todos los casos son sobrepasadas por las mediciones obtenidas en el estudio de campo, a excepción de la carretera Querétaro – Celaya en el Km 10+000 en el sentido a Querétaro, que iguala a la norma Española y a la de la OMS.

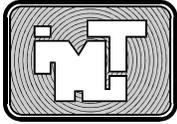
Las variaciones más significativas se presentan respecto a la normatividad Finlandesa, donde las diferencias oscilan entre 14.5 y 19.8 dB(A) para los casos más favorable y desfavorable respectivamente.

Para el caso de la normativa Japonesa, que utiliza como índice de referencia el L50 para un período de 7.5 horas, se halla rebasada en todos los puntos de medición en el más favorable y desfavorable de los casos por 8.5 y 15.5 dB(A) respectivamente.

En el caso de la normativa de Estados Unidos, que utiliza como primer índice de referencia el Leq para el período de la hora más ruidosa, se halla rebasada en todos los puntos de medición en el más favorable y desfavorable de los casos por 4.5 y 9.8 dB(A) respectivamente.

En el caso de la normativa de Estados Unidos, que utiliza como segundo índice de referencia el L10 para el período de la hora más ruidosa, se halla superada en todos los puntos de medición en el más favorable y desfavorable de los casos por 2.8 y 8.2 dB(A) respectivamente.

## 7 CONCLUSIONES



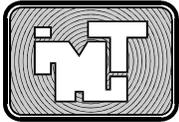
En México aún no se cuenta con estudios que permitan cuantificar los niveles de ruido que se generan por la operación del tránsito vehicular por las carreteras, con la finalidad de establecer la importancia de este impacto al medio ambiente; por ello, el objetivo del presente estudio piloto es tratar de definir si, dentro del Impacto Ambiental generado por la Infraestructura Carretera, los niveles sonoros producidos por la operación del transporte son de tal magnitud que representan un problema necesario de estudiar y plantear medidas que lo minimicen.

Para cumplir con el objetivo citado, se llevó a cabo un estudio piloto, en el cual se midió el ruido producido por el transporte en las principales carreteras del estado de Querétaro en un horario diurno. Las carreteras o tramos críticos fueron elegidas con base en sus volúmenes de tránsito, a la situación topográfica y a los posibles efectos sobre el usuario y la población circunvecina afectada. Todos los resultados se han integrado en el presente documento.

El ruido es un subproducto no deseado del modo de vida moderno, es una sensación auditiva molesta y una de las perturbaciones ambientales que de manera muy importante afectan al hombre (directamente a la calidad de vida), aunque éste en muchas ocasiones no es consciente de sus efectos, pues no suelen manifestarse de forma inmediata, lo hacen a largo plazo y no se percibe con claridad la relación causa – efecto.

El ruido debe ser considerado como un importante contaminante en el medio ambiente, que necesita muy poca energía para poder ser emitido, no es sencillo medirlo o cuantificarlo y sus efectos sobre los seres humanos pueden ser acumulativos y de carácter fisiológico y psicológico.

La exposición a niveles de ruido intenso durante un período de tiempo prolongado da lugar a pérdidas en la audición, que en un principio son recuperables cuando el ruido cesa, pero con el tiempo pueden ser irreversibles convirtiéndose en sordera.



El ruido puede dificultar o imposibilitar la comunicación con otro ser humano y producir dolor cuando este alcanza los 110 dB(A). Niveles de ruido superiores a 45 dB(A) pueden perturbar el sueño nocturno, ya sea haciendo que el individuo pase a una etapa de sueño menos profunda o haciendo que despierte.

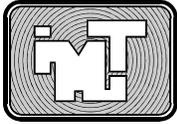
La persistencia de situaciones ruidosas en cierto ambiente, puede llevar a situaciones de peligro más allá de las consecuencias inmediatas en el individuo, como sería el caso de trabajadores o usuarios del transporte que no pudieran escuchar llamadas de advertencia o peligro.

En niveles de ruido entre 95 y 105 dB(A), se producen efectos nocivos en la irrigación sanguínea cerebral, alteraciones en el proceso digestivo, aumento en la tensión muscular y presión arterial, dilatación de pupila, alteración de la visión nocturna, además de estrechamiento del campo visual.

Para el caso específico del transporte carretero, pudieran presentarse alteraciones como el estrés, fatiga o situaciones que propiciaran algún accidente. Para el caso de población afectada en áreas circunvecinas, las afectaciones o molestias van de ligeras a significativas, dependiendo de los niveles de ruido generado tanto en el período diurno como en el nocturno.

En el estudio de campo se usó la medición directa del ruido debido a que en México no ha sido estudiado el ruido en las carreteras, se desconocen las características acústicas de los materiales que la componen y la distribución del ruido, además de ser económicamente más barata.

La lectura  $Leq(60 \text{ seg})$  más alta que se registró en el estudio de campo fue en la carretera Querétaro - San Luis Potosí en el Km 26+100 rumbo a Querétaro con 87 dB(A), mientras que la lectura más baja fue en la carretera Querétaro - Celaya en el Km 10+00 rumbo a Querétaro con 62.5 dB(A) respectivamente.



La más temprana y más tardía hora de mayor ruido se registró en la carretera Querétaro - San Luis Potosí en el Km 12+750 rumbo a Querétaro de 08:30 a 09:30 horas y en la carretera Querétaro - Celaya en el Km 10+000 rumbo a Celaya de las 14:42 a las 15:42 horas respectivamente.

El punto de mayor nivel de ruido se presentó en la carretera México - Querétaro Km 193+050 rumbo a México, con un  $Leq(7.5 h)$  de 81.1 dB(A). En este mismo lugar se realizaron mediciones nocturnas, registrándose un  $Leq(4h)$  = 82 dB(A), un  $L_{máx}$  de 88.5 dB(A) y un  $L_{mín}$  de 75 dB(A), por lo que se puede apreciar que los niveles de ruido generados en este tramo de la carretera durante el período nocturno, son mayores que los generados durante el día.

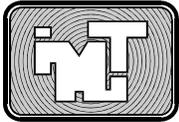
El punto donde se registró el menor nivel de ruido fue en la carretera Querétaro - Celaya Km 10+000 rumbo a Querétaro, con un  $Leq(7.5 h)$  de 75 dB(A).

La velocidad de proyecto en los puntos de medición del ruido oscila entre los 100 y 110 Km/h. El porcentaje de camiones en la composición vehicular es de un 17% en la carretera México - Querétaro, de un 19 a un 21% en la carretera Querétaro - San Luis Potosí, y un 29% en la carretera Querétaro - Celaya.

El punto de medición con el mayor rango de oscilación de lecturas de ruido, es el ubicado en la carretera Querétaro - Celaya en el Km 10+000 rumbo a Querétaro con lecturas mínima y máxima de 62.5 y 83.5 dB(A) respectivamente.

El punto de medición con el menor rango de oscilación de lecturas de ruido, es el ubicado en la carretera México - Querétaro en el Km 193+050 rumbo a México con lecturas mínima y máxima de 77 y 85.5 dB(A) respectivamente.

En las carreteras con tramos en descenso prolongados o con una curva cercana, se



producen las mayores lecturas del ruido [con lecturas instantáneas de hasta 120 dB(A)], pues los choferes de los camiones se ven en la necesidad de usar el freno de motor para disminuir la velocidad.

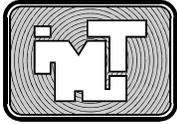
Debido a que la velocidad a la que circulan los vehículos por los puntos de medición es superior a los 100 km/h, el ruido predominante es el generado por el contacto entre las llantas y el pavimento para automóviles y a una combinación de motor y escape en los vehículos de carga.

De acuerdo a los límites establecidos por la OMS, el que los niveles de ruido producidos por las carreteras sobrepasen los 75 dB(A) hacen comparable el ambiente sonoro en algunas carreteras con el de una fábrica. Como se puede observar la normativa Finlandesa, que especifica un nivel de ruido máximo permitido de 55 dB(A) usando el Leq como índice de referencia para un período de 7.5 horas, es la más estricta de todas, seguida por el rango de ruido permisible manejado por la OCDE (60 – 70). La normativa Española, que especifica un nivel de ruido máximo permitido de 75 dB(A) usando como índice de referencia el Leq para un período de 7.5 horas, es la menos rigurosa de todas las normativas y por lo tanto, hace su cumplimiento más fácil.

El único punto de medición del ruido que cumple con lo establecido por la normativa Española es el ubicado en la carretera Querétaro - Celaya en el Km 10+000 con rumbo a Querétaro, con 75 dB(A), en todos los demás puntos de medición del ruido y bajo cualquiera de los índices de referencia utilizados para cualquier período de tiempo, los valores obtenidos en el estudio de campo sobrepasan los valores permisibles de ruido establecidos por las distintas normatividades.

Es importante hacer notar que existen varias opciones para mitigar los niveles de ruido obtenidos y que son producidos por la operación del transporte en las carreteras en estudio, entre los más frecuentes están los siguientes:

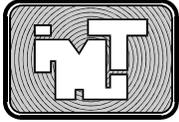
a) Un mejor control del tránsito haciendo más eficiente la operación, para evitar



concentraciones de vehículos que generan ruido excesivo, como los nuevos Sistemas Inteligentes de Transporte.

- b) Control del uso de suelo, con una mejor planeación, para crear áreas de amortiguamiento entre carretera y zonas habitacionales, escuelas, hospitales, etc.
- c) Nuevas superficies de rodamiento; por ejemplo, pavimentos de textura abierta, que absorben el ruido producido entre la llanta y el pavimento, al contener mayor número de huecos.
- d) Creación de zonas de amortiguamiento, ubicando el cuerpo de la carretera a un nivel inferior al del terreno natural, para que el ruido se disipe hacia arriba y no horizontalmente.
- e) Plantación de vegetación ad-hoc que absorba el sonido, con lo que se puede reducir hasta 10 dB(A).
- f) Construcción de barreras amortiguadoras in-situ, de diversos materiales acústicos, que pueden reducir hasta 15 dB(A).
- g) Instalación de aislamiento dentro de los edificios circunvecinos a la carretera como la colocación de dobles ventanas y materiales en muros.

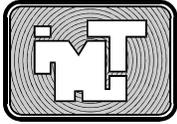
En virtud de los resultados obtenidos con el estudio de campo, se concluye que vale la pena seguir estudiando el ruido como contaminación ambiental importante que se genera en las carreteras debido a la operación del transporte, pues es un fenómeno que afecta al ser humano directa e indirectamente, de manera que se puedan establecer los niveles de ruido que se generan en los distintos tipos de carreteras para los tránsitos que actualmente circulan. Con ello, se podría conocer la magnitud completa del problema y se podrán analizar y proponer medidas de mitigación acordes a la



necesidades de cada sitio en particular.

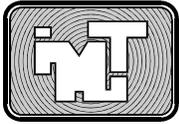
Adicionalmente, se podrán hacer las previsiones correspondientes, para este rubro específico, en la construcción o modernización de nueva infraestructura carretera.

Finalmente, con base en esta primera experiencia del caso piloto de carreteras en el Estado de Querétaro, se recomienda continuar el estudio en etapas inmediatas para otros estados con problemática similar, como pudiera ser Estado de México, Jalisco, Nuevo León, etc. De esa manera ya se podrá contar con un espectro y comportamiento más completo y tomar valores que pudieran llegar a convertirse en Norma Oficial para el caso del Impacto Ambiental generado por la operación en carreteras.

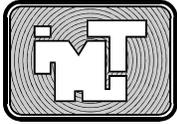


## 8 BIBLIOGRAFIA

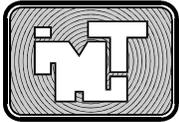
- 1 Matthey Rubio, Victor Leonardo; **Medición del Ruido en Ambientes Laborales**; Segunda Reunión de Intercambio de Experiencias de la Dirección de Operación, Sistema de Transporte Colectivo; México, 1999.
- 2 Peterson, Alan; **ContraFlow**; Revista World Highways Vol 9, pag 7; Reino Unido, Enero/Febrero 2000.
- 3 Brüel & Kjaer; **Instruction Manual: Integrating Sound Level Meter Type 2225**; Dinamarca, 1980.
- 4 Instituto Mexicano del Transporte; **Algunas Medidas para Mejorar la Seguridad Vial en las Carreteras Nacionales**; Publicación Técnica No. 89; México, 1996.
- 5 Instituto Mexicano del Transporte; **Impacto Ambiental Generado por las Carreteras en Operación. Contaminación por Ruido**; Martínez Soto, América, Publicación bimestral de divulgación externa, Número 52; México, 2000
- 6 International Organization for Standardization; **Acustics-Measurement of Noise Emitted by Stationary Road Vehicles- Survey Method**; Draft International Standard ISO/DIS 5130, 1977.
- 7 Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente; **Curso sobre Ruido Producido por Infraestructura de Transporte**; CEDEX; España, 1998.
- 8 Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Dirección General de Carreteras; **Reducción del Ruido en el Entorno de las Carreteras**; OCDE; Francia, 1995.



- 9 Ministerio de la Secretaría General de la Presidencia de la República de Chile; **Norma de Emisión de Ruido Molestos Generados por Fuentes Fijas**; Decreto Supremo No. 146; Chile, 1998.  
[http://www.conama.cl/investigación...\\_ambientales/Ruido/legislacion.htm](http://www.conama.cl/investigación..._ambientales/Ruido/legislacion.htm).
- 10 Minnesota Pollution Control Agency; **An Introduction to Sound Basics**;  
<http://www.nonoise.org/library/sndbasic/sndbasic.htm>.
- 11 National Association of Noise Control Officials; **Noise Effects Handbook**; Florida 1981;  
<http://www.nonoise.org/library/hadbook/handbook.htm>
- 12 National Instruments; **Computer-Based Dynamic Signal Measurements**; National Instruments Corporation; Estados Unidos, 1998.
- 13 Notimex; **El Ruido Puede tener un Efecto Acumulativo en el Hombre**;  
<http://noticias.mx.yahoo.com/notic...x-efectos-del-ruido-96375744.html>.
- 14 Office of Noise Abatement and Control; **Noise: A Health Problem**; United States Environmental Protection Agency; Washington, DC, Agosto de 1978;  
<http://www.nonoise.org/library/epahlth/epahlth.htm>
- 15 Organización Panamericana de la salud; **Criterios de Salud Ambiental 12: El Ruido**; Organización Mundial de la Salud; México, 1983.
- 16 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; **Norma Mexicana NMX-AA-040-1976, Clasificación de Ruidos**; Dirección General de Normas; México, 1976.
- 17 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; **Norma Mexicana NMX-AA-047-1977, Sonómetros Para Usos Generales**; Dirección General de Normas; México, 1977.



- 18** Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; **Norma Mexicana NMX-AA-059-1978, Acústica – Sonómetros de Precisión**; Dirección General de Normas; México, 1978.
- 19** Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; **Norma Mexicana NMX-AA-062-1979, Acústica – Determinación de los Niveles de Ruido Ambiental**; Dirección General de Normas; México, 1979.
- 20** Secretaria de Desarrollo Social; **Norma Oficial Mexicana NOM-079-ECOL-1994**; México, 1994.
- 21** Secretaria de Desarrollo Social; **Norma Oficial Mexicana NOM-080-ECOL-1994**; México, 1994.
- 22** Secretaria de Desarrollo Social; **Norma Oficial Mexicana NOM-081-ECOL-1994**; México, 1994.
- 23** Secretaria de Desarrollo Social; **Norma Oficial Mexicana NOM-082-ECOL-1994**; México, 1994.



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

**ANEXO LECTURAS DEL RUIDO EN LOS PUNTOS DE MEDICION**  
(Los TDPA mostrados son por sentido de circulación)

**NIVELES DE RUIDO**

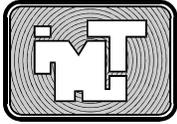
Estación Carretera México-Qro. Km 208+ 200 (Sentido México)

Fecha 15 de Mayo de 2000

**DATOS GENERALES**

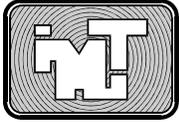
Velocidad Proyecto	110 km/h
Pendiente	-1,3%
TDPA	18,744
Tipo de Pavimento	Asfalto
Condiciones de la Carretera	buen estado
	3 carriles

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
8:30	76	9:30	76	10:30	76,5	11:30	74,5
8:32	78	9:32	75,5	10:32	75,5	11:32	78
8:34	78,5	9:34	76,5	10:34	74,5	11:34	73,5
8:36	79	9:36	74,5	10:36	77	11:36	76
8:38	81	9:38	76	10:38	76,5	11:38	75,5
8:40	80	9:40	75,5	10:40	74,5	11:40	78
8:42	78,5	9:42	74,5	10:42	75,5	11:42	78
8:44	78	9:44	78,5	10:44	76	11:44	76,5
8:46	77,5	9:46	76,5	10:46	76,5	11:46	73
8:48	78	9:48	76	10:48	77,5	11:48	77
8:50	78	9:50	74	10:50	75,5	11:50	74,5
8:52	75,5	9:52	78	10:52	79	11:52	78,5
8:54	77,5	9:54	73,5	10:54	75	11:54	76
8:56	76	9:56	76	10:56	76	11:56	77,5
8:58	76	9:58	73,5	10:58	78,5	11:58	79
9:00	75	10:00	76,5	11:00	75,5	12:00	75,5
9:02	77,5	10:02	73,5	11:02	77,5	12:02	78
9:04	77	10:04	75,5	11:04	77	12:04	78
9:06	80,5	10:06	76	11:06	74,5	12:06	72,5
9:08	75	10:08	77	11:08	76	12:08	74,5
9:10	80	10:10	75,5	11:10	77	12:10	79,5
9:12	77,5	10:12	78	11:12	78,5	12:12	79
9:14	77	10:14	75	11:14	76	12:14	76
9:16	76,5	10:16	77,5	11:16	75,5	12:16	78,5
9:18	77,5	10:18	75	11:18	75,5	12:18	81
9:20	76	10:20	74	11:20	79	12:20	77,5
9:22	75	10:22	76	11:22	74,5	12:22	77,5
9:24	77,5	10:24	77,5	11:24	76	12:24	78,5
9:26	78,5	10:26	77,5	11:26	75,5	12:26	77,5
9:28	74	10:28	76	11:28	75,5	12:28	78



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:30	79,5	13:30	76,5	14:30	80	15:30	77,5
12:32	79,5	13:32	76	14:32	75	15:32	73,5
12:34	77,5	13:34	77,5	14:34	77,5	15:34	75,5
12:36	78,5	13:36	78,5	14:36	77	15:36	77
12:38	79	13:38	76,5	14:38	77	15:38	78
12:40	76	13:40	80	14:40	76	15:40	76
12:42	74,5	13:42	79	14:42	77,5	15:42	76,5
12:44	78,5	13:44	80	14:44	77,5	15:44	75
12:46	77,5	13:46	84	14:46	78,5	15:46	74,5
12:48	75,5	13:48	78	14:48	78,5	15:48	75,5
12:50	75	13:50	78	14:50	78	15:50	74,5
12:52	78	13:52	78,5	14:52	80,5	15:52	76,5
12:54	75	13:54	76,5	14:54	78	15:54	74
12:56	78,5	13:56	81	14:56	79	15:56	75,5
12:58	78	13:58	77,5	14:58	77,5	15:58	74
13:00	78	14:00	75,5	15:00	76	16:00	78,5
13:02	81	14:02	77,5	15:02	75		
13:04	79	14:04	77	15:04	76		
13:06	77	14:06	76,5	15:06	75,5		
13:08	79	14:08	77	15:08	77		
13:10	80,5	14:10	76	15:10	72		
13:12	76	14:12	75	15:12	77		
13:14	80	14:14	76,5	15:14	75		
13:16	78,5	14:16	77,5	15:16	76		
13:18	78	14:18	75	15:18	76		
13:20	77	14:20	77	15:20	76		
13:22	77	14:22	77,5	15:22	74		
13:24	82,5	14:24	75,5	15:24	77		
13:26	79,5	14:26	79	15:26	77		
13:28	75	14:28	77,5	15:28	76		



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

**N I V E L E S D E R U I D O**

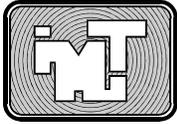
Estación Carretera México-Qro.Km 208+ 000 (Sentido Qro.)

Fecha 16 de Mayo de 2000

**DATOS GENERALES**

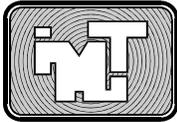
Velde Proyecto	110 Km/h
Pendiente	+ 1,3%
TDPA	18,974
Tipo de Pavimento	Asfalto
Condiciones de la Carretera	buen estado
	3 carriles

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
8:30	78,5	9:30	80	10:30	79,5	11:30	75
8:32	78,5	9:32	79,5	10:32	78,5	11:32	85
8:34	79,5	9:34	81,5	10:34	78	11:34	75
8:36	79,5	9:36	81,5	10:36	79	11:36	81,5
8:38	80	9:38	76,5	10:38	79,5	11:38	77,5
8:40	79,5	9:40	78,5	10:40	78	11:40	80,5
8:42	81	9:42	78	10:42	78,5	11:42	78
8:44	80,5	9:44	77,5	10:44	77	11:44	76
8:46	86,5	9:46	77	10:46	77,5	11:46	81
8:48	79	9:48	79	10:48	77	11:48	82
8:50	81	9:50	78	10:50	77,5	11:50	80
8:52	79	9:52	78	10:52	74,5	11:52	78
8:54	76	9:54	80	10:54	78	11:54	81
8:56	80,5	9:56	81	10:56	74,5	11:56	79
8:58	79	9:58	80,5	10:58	79	11:58	76,5
9:00	80,5	10:00	77,5	11:00	77,5	12:00	77,5
9:02	83,5	10:02	79	11:02	77,5	12:02	78,5
9:04	79	10:04	80	11:04	79	12:04	81,5
9:06	78,5	10:06	82,5	11:06	79	12:06	78,5
9:08	77,5	10:08	78,5	11:08	78	12:08	82
9:10	82,5	10:10	77,5	11:10	77,5	12:10	79
9:12	80,5	10:12	79,5	11:12	76,5	12:12	80,5
9:14	79,5	10:14	77	11:14	77,5	12:14	78
9:16	82	10:16	78	11:16	74,5	12:16	79
9:18	81,5	10:18	79	11:18	80	12:18	80,5
9:20	80,5	10:20	76,5	11:20	85	12:20	80
9:22	83,5	10:22	84	11:22	76	12:22	77,5
9:24	78,5	10:24	78	11:24	76	12:24	80,5
9:26	79	10:26	79	11:26	87	12:26	77,5
9:28	79	10:28	79,5	11:28	76,5	12:28	78,5



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:30	86,5	13:30	79,5	14:30	79	15:30	82
12:32	79,5	13:32	79	14:32	76,5	15:32	78,5
12:34	79	13:34	78	14:34	74,5	15:34	81,5
12:36	77	13:36	82	14:36	78	15:36	79,5
12:38	77	13:38	78	14:38	79,5	15:38	81,5
12:40	80	13:40	79,5	14:40	78	15:40	79
12:42	79	13:42	81	14:42	78,5	15:42	83,5
12:44	77	13:44	78,5	14:44	78,5	15:44	79
12:46	76,5	13:46	78,5	14:46	78	15:46	80
12:48	79	13:48	76	14:48	77,5	15:48	78
12:50	77	13:50	79	14:50	82	15:50	77
12:52	77	13:52	79	14:52	81,5	15:52	80,5
12:54	79	13:54	78,5	14:54	82,5	15:54	81
12:56	80	13:56	79	14:56	79	15:56	81,5
12:58	78	13:58	85	14:58	78,5	15:58	78,5
13:00	77,5	14:00	78	15:00	81	16:00	79,5
13:02	75,5	14:02	77	15:02	79,5		
13:04	78,5	14:04	79	15:04	78,5		
13:06	79	14:06	78	15:06	79		
13:08	77,5	14:08	79,5	15:08	79,5		
13:10	82	14:10	79,5	15:10	78,5		
13:12	78	14:12	80,5	15:12	81		
13:14	79,5	14:14	83	15:14	78,5		
13:16	79	14:16	81,5	15:16	76		
13:18	80,5	14:18	78,5	15:18	79,5		
13:20	80,5	14:20	80	15:20	79,5		
13:22	80	14:22	77,5	15:22	77,5		
13:24	79,5	14:24	79	15:24	79		
13:26	79,5	14:26	79	15:26	78		
13:28	77	14:28	79,5	15:28	78		



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

**NIVELES DE RUIDO**

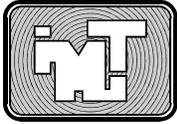
Estación Carretera México-Qro. 193+ 050 (Sentido México)

Fecha 17 de Mayo de 2000

**DATOS GENERALES**

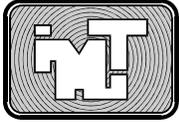
Velocidad Proyecto	110 Km/h
Pendiente	+ 0,34%
TDPA	16,030
Tipo de Pavimento	Concreto Hidráulico
Condiciones de la Carretera	buen estado
	3 carriles

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
8:30	81	9:30	79,5	10:30	82,5	11:30	80
8:32	80,5	9:32	80	10:32	81,5	11:32	83
8:34	81,5	9:34	80,5	10:34	80,5	11:34	80,5
8:36	82,5	9:36	80	10:36	83	11:36	81,5
8:38	80,5	9:38	81	10:38	83	11:38	80,5
8:40	81,5	9:40	80,5	10:40	80,5	11:40	79
8:42	82	9:42	82,5	10:42	79,5	11:42	79
8:44	81	9:44	80,5	10:44	81	11:44	78,5
8:46	81,5	9:46	81	10:46	81	11:46	82,5
8:48	80	9:48	81,5	10:48	80	11:48	82
8:50	79	9:50	81	10:50	79	11:50	82,5
8:52	82,5	9:52	81,5	10:52	82,5	11:52	78
8:54	83	9:54	82	10:54	81,5	11:54	80,5
8:56	80,5	9:56	83	10:56	80,5	11:56	80
8:58	80	9:58	82	10:58	84,5	11:58	80,5
9:00	82	10:00	79	11:00	80,5	12:00	80
9:02	81,5	10:02	79,5	11:02	81,5	12:02	80
9:04	79,5	10:04	78,5	11:04	83	12:04	80,5
9:06	79,5	10:06	83	11:06	79	12:06	81,5
9:08	80,5	10:08	82	11:08	82	12:08	81,5
9:10	79,5	10:10	82,5	11:10	84,5	12:10	80,5
9:12	80,5	10:12	81	11:12	78,5	12:12	82,5
9:14	81	10:14	82	11:14	80,5	12:14	80,5
9:16	81	10:16	81,5	11:16	82,5	12:16	81,5
9:18	81,5	10:18	79	11:18	84	12:18	81
9:20	81	10:20	82	11:20	80	12:20	80,5
9:22	79,5	10:22	81,5	11:22	80	12:22	81
9:24	82	10:24	81,5	11:24	79	12:24	82
9:26	81,5	10:26	79,5	11:26	85,5	12:26	82
9:28	80	10:28	81,5	11:28	81,5	12:28	78,5



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:30	80	13:30	79,5	14:30	81,5	15:30	82
12:32	81,5	13:32	79	14:32	83,5	15:32	80
12:34	80	13:34	80	14:34	81,5	15:34	82
12:36	80,5	13:36	80,5	14:36	81	15:36	84
12:38	80,5	13:38	80,5	14:38	80,5	15:38	80,5
12:40	80	13:40	80	14:40	78,5	15:40	80
12:42	81	13:42	78	14:42	80	15:42	79,5
12:44	80	13:44	83	14:44	82,5	15:44	79
12:46	78,5	13:46	78,5	14:46	79	15:46	82,5
12:48	80	13:48	76,5	14:48	79,5	15:48	83
12:50	81	13:50	80,5	14:50	77	15:50	81
12:52	81,5	13:52	80	14:52	83	15:52	82
12:54	78	13:54	80,5	14:54	79,5	15:54	81,5
12:56	81	13:56	82	14:56	80,5	15:56	81,5
12:58	81	13:58	78,5	14:58	77,5	15:58	78,5
13:00	85	14:00	77,5	15:00	81	16:00	82,5
13:02	82	14:02	77,5	15:02	78,5		
13:04	81,5	14:04	79	15:04	80		
13:06	80	14:06	80,5	15:06	80,5		
13:08	79,5	14:08	85,5	15:08	80		
13:10	81,5	14:10	82	15:10	80,5		
13:12	81	14:12	80,5	15:12	81,5		
13:14	78,5	14:14	81	15:14	80		
13:16	79,5	14:16	81,5	15:16	82,5		
13:18	83,5	14:18	79,5	15:18	80		
13:20	80,5	14:20	83	15:20	82,5		
13:22	82	14:22	83,5	15:22	78,5		
13:24	80,5	14:24	83,5	15:24	80		
13:26	79,5	14:26	80	15:26	81,5		
13:28	80,5	14:28	81	15:28	81		



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

**NIVELES DE RUIDO**

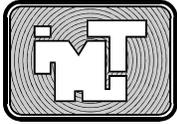
Estación Carretera México-Qro. Km 193+ 050 (Sentido Qro.)

Fecha 26 de Mayo de 2000

**DATOS GENERALES**

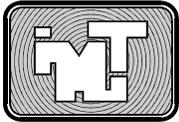
Velocidad Proyecto	110 Km/h
Pendiente	-0,34%
TDPA	16,295
Tipo de Pavimento	Concreto Hidráulico
Condiciones de la Carretera	buen estado
	3 carriles

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
8:30	83	9:30	81	10:30	77,5	11:30	78,5
8:32	82	9:32	80,5	10:32	79,5	11:32	79
8:34	78	9:34	81	10:34	79,5	11:34	81
8:36	80	9:36	79	10:36	80,5	11:36	79
8:38	81,5	9:38	81	10:38	83,5	11:38	80
8:40	79,5	9:40	79	10:40	80,5	11:40	79,5
8:42	79	9:42	80,5	10:42	81,5	11:42	83,5
8:44	80,5	9:44	80,5	10:44	82	11:44	78,5
8:46	79,5	9:46	82,5	10:46	81,5	11:46	80
8:48	81,5	9:48	80	10:48	79,5	11:48	80
8:50	82,5	9:50	82	10:50	79,5	11:50	78
8:52	80	9:52	85	10:52	81,5	11:52	80
8:54	82	9:54	84,5	10:54	79	11:54	79,5
8:56	79,5	9:56	83	10:56	79	11:56	78
8:58	80,5	9:58	83	10:58	80	11:58	79
9:00	81	10:00	82	11:00	78	12:00	79,5
9:02	81	10:02	80	11:02	81,5	12:02	80,5
9:04	80	10:04	79,5	11:04	80,5	12:04	81
9:06	80,5	10:06	78	11:06	80	12:06	78
9:08	80,5	10:08	77,5	11:08	80,5	12:08	79,5
9:10	79	10:10	80,5	11:10	81	12:10	81
9:12	79,5	10:12	78	11:12	79,5	12:12	80,5
9:14	80	10:14	80,5	11:14	78	12:14	82,5
9:16	82,5	10:16	80	11:16	81	12:16	80,5
9:18	83	10:18	80,5	11:18	78	12:18	77,5
9:20	83	10:20	81,5	11:20	78	12:20	76,5
9:22	82,5	10:22	81	11:22	84	12:22	78,5
9:24	80	10:24	81,5	11:24	81,5	12:24	80
9:26	80,5	10:26	77,5	11:26	78	12:26	78,5
9:28	80,5	10:28	78,5	11:28	78,5	12:28	81



ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:30	80	13:30	79,5	14:30	81,5	15:30	80,5
12:32	80,5	13:32	80	14:32	77	15:32	83
12:34	78,5	13:34	79,5	14:34	82	15:34	80,5
12:36	81	13:36	80,5	14:36	81,5	15:36	79,5
12:38	79	13:38	79	14:38	81,5	15:38	78,5
12:40	81,5	13:40	81,5	14:40	81	15:40	82
12:42	80	13:42	79	14:42	83	15:42	81,5
12:44	77	13:44	82	14:44	78,5	15:44	78,5
12:46	81	13:46	78,5	14:46	78	15:46	83,5
12:48	81,5	13:48	79,5	14:48	81,5	15:48	85
12:50	79	13:50	80,5	14:50	79,5	15:50	81
12:52	81	13:52	80	14:52	81,5	15:52	80,5
12:54	78,5	13:54	81	14:54	80,5	15:54	80,5
12:56	79	13:56	79,5	14:56	80,5	15:56	78,5
12:58	80,5	13:58	80	14:58	78	15:58	78
13:00	79,5	14:00	78	15:00	77,5	16:00	80,5
13:02	80,5	14:02	82	15:02	81		
13:04	81,5	14:04	79,5	15:04	81,5		
13:06	82	14:06	82,5	15:06	81		
13:08	80,5	14:08	81	15:08	78,5		
13:10	80	14:10	79	15:10	81,5		
13:12	81,5	14:12	79	15:12	80,5		
13:14	78,5	14:14	79,5	15:14	79		
13:16	80	14:16	77,5	15:16	80		
13:18	81	14:18	81,5	15:18	78,5		
13:20	84	14:20	80,5	15:20	80		
13:22	80	14:22	81,5	15:22	79		
13:24	81,5	14:24	79,5	15:24	80,5		
13:26	79	14:26	75	15:26	83		
13:28	81,5	14:28	82	15:28	80		



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

**NIVELES DE RUIDO**

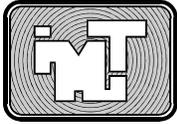
Estación Carretera Querétaro-S.L.P. Km 12+ 800 (Rumbo S.L.P.)

Fecha 29 de Mayo de 2000

**DATOS GENERALES**

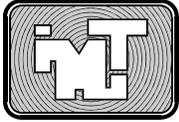
Velde Proyecto	110 Km/h
Pendiente	+ 2,4%
TDPA	10,394
Tipo de Pavimento	Asfalto
Condiciones de la Carretera	buen estado
	2 carriles

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
8:30	76	9:30	79	10:30	78	11:30	83
8:32	77,5	9:32	77	10:32	81	11:32	80
8:34	77	9:34	77,5	10:34	78	11:34	80,5
8:36	77	9:36	77,5	10:36	77,5	11:36	76,5
8:38	78	9:38	78	10:38	80,5	11:38	77,5
8:40	75,5	9:40	80	10:40	78,5	11:40	78
8:42	77	9:42	78,5	10:42	76	11:42	78
8:44	78	9:44	81,5	10:44	75,5	11:44	82
8:46	78,5	9:46	78	10:46	80	11:46	79,5
8:48	77	9:48	78	10:48	80	11:48	80
8:50	83,5	9:50	80	10:50	78,5	11:50	79
8:52	81	9:52	76	10:52	81,5	11:52	79
8:54	76,5	9:54	76	10:54	78	11:54	77
8:56	76	9:56	78,5	10:56	82	11:56	78
8:58	81,5	9:58	76	10:58	78,5	11:58	76,5
9:00	80,5	10:00	77	11:00	79,5	12:00	75
9:02	78,5	10:02	75	11:02	80,5	12:02	77
9:04	78	10:04	79	11:04	82	12:04	77
9:06	78	10:06	78	11:06	75,5	12:06	75
9:08	79	10:08	77,5	11:08	79,5	12:08	78,5
9:10	80	10:10	79,5	11:10	76,5	12:10	76,5
9:12	78,5	10:12	77,5	11:12	77,5	12:12	77
9:14	78	10:14	78	11:14	77	12:14	77
9:16	78,5	10:16	77,5	11:16	80	12:16	74,5
9:18	80	10:18	76,5	11:18	76,5	12:18	78,5
9:20	75	10:20	76	11:20	78	12:20	75
9:22	78	10:22	81	11:22	76,5	12:22	75,5
9:24	78	10:24	75,5	11:24	77,5	12:24	78,5
9:26	80,5	10:26	75	11:26	76	12:26	82
9:28	79,5	10:28	79	11:28	77,5	12:28	82,5



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:30	79,5	13:30	76	14:30	76,5	15:30	74
12:32	77,5	13:32	76	14:32	78	15:32	79,5
12:34	76	13:34	77	14:34	78	15:34	79
12:36	80	13:36	79	14:36	76,5	15:36	76
12:38	74	13:38	79	14:38	76	15:38	80
12:40	75,5	13:40	78,5	14:40	78	15:40	74
12:42	78,5	13:42	78,5	14:42	78,5	15:42	79,5
12:44	75	13:44	80,5	14:44	81	15:44	79
12:46	76	13:46	76,5	14:46	80	15:46	77,5
12:48	83	13:48	76,5	14:48	79,5	15:48	78,5
12:50	78,5	13:50	76,5	14:50	77,5	15:50	78,5
12:52	78,5	13:52	77	14:52	80	15:52	78,5
12:54	80	13:54	73,5	14:54	77,5	15:54	78
12:56	80	13:56	74,5	14:56	75	15:56	77,5
12:58	77	13:58	79,5	14:58	77,5	15:58	76
13:00	77,5	14:00	77	15:00	76,5	16:00	77,5
13:02	76	14:02	77,5	15:02	78		
13:04	77,5	14:04	78	15:04	77		
13:06	79,5	14:06	74,5	15:06	78		
13:08	76,5	14:08	77	15:08	78		
13:10	77,5	14:10	73	15:10	75,5		
13:12	76	14:12	77,5	15:12	79,5		
13:14	75,5	14:14	77	15:14	76		
13:16	75,5	14:16	74	15:16	74		
13:18	77	14:18	76	15:18	74,5		
13:20	79	14:20	78	15:20	77		
13:22	78	14:22	83	15:22	76,5		
13:24	78,5	14:24	76,5	15:24	76		
13:26	78	14:26	78,5	15:26	75,5		
13:28	75	14:28	77,5	15:28	76		



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

**NIVELES DE RUIDO**

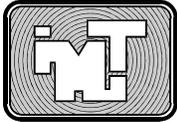
Estación Carretera Querétaro-S.L.P. Km 12+ 750 (Sentido Q ro.)

Fecha 30 de Mayo de 2000

**DATOS GENERALES**

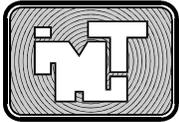
Velde Proyecto	110 Km/h
Pendiente	-2,4%
TDPA	10,449
Tipo de Pavimento	Asfalto
Condiciones de la Carretera	buen estado
	2 carriles

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
8:30	78,5	9:30	77,5	10:30	78	11:30	80
8:32	79	9:32	77,5	10:32	81,5	11:32	80,5
8:34	79	9:34	80,5	10:34	77,5	11:34	77
8:36	77,5	9:36	78,5	10:36	77	11:36	77
8:38	79	9:38	80,5	10:38	75	11:38	80
8:40	79	9:40	79,5	10:40	78,5	11:40	78,5
8:42	78,5	9:42	77	10:42	78	11:42	76
8:44	81	9:44	78	10:44	78,5	11:44	77,5
8:46	81,5	9:46	77,5	10:46	77	11:46	79
8:48	78	9:48	77,5	10:48	74	11:48	77
8:50	80,5	9:50	79,5	10:50	77,5	11:50	79
8:52	79	9:52	82	10:52	76	11:52	80
8:54	81	9:54	81	10:54	82	11:54	73,5
8:56	78,5	9:56	78	10:56	76,5	11:56	79,5
8:58	81	9:58	77,5	10:58	78,5	11:58	77,5
9:00	79	10:00	76	11:00	79	12:00	77
9:02	77	10:02	79,5	11:02	80	12:02	79
9:04	79,5	10:04	80	11:04	79,5	12:04	80
9:06	80,5	10:06	78,5	11:06	80,5	12:06	78,5
9:08	80	10:08	77,5	11:08	77	12:08	78
9:10	77,5	10:10	78,5	11:10	76	12:10	77
9:12	81,5	10:12	78,5	11:12	76,5	12:12	77
9:14	79,5	10:14	76	11:14	78	12:14	79,5
9:16	80,5	10:16	79	11:16	78	12:16	80
9:18	80,5	10:18	79	11:18	80	12:18	75,5
9:20	78	10:20	79,5	11:20	78,5	12:20	79
9:22	79	10:22	78	11:22	76,5	12:22	79
9:24	80,5	10:24	80	11:24	78	12:24	79
9:26	77,5	10:26	77,5	11:26	76,5	12:26	80
9:28	79,5	10:28	78	11:28	80,5	12:28	77



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:30	78,5	13:30	77	14:30	76,5	15:30	77
12:32	76,5	13:32	77,5	14:32	76	15:32	80
12:34	78,5	13:34	77	14:34	76,5	15:34	77
12:36	79,5	13:36	77	14:36	77,5	15:36	79
12:38	78,5	13:38	77,5	14:38	77,5	15:38	79
12:40	77,5	13:40	75,5	14:40	77,5	15:40	80
12:42	79,5	13:42	75	14:42	76	15:42	78
12:44	78,5	13:44	79,5	14:44	74,5	15:44	78
12:46	77,5	13:46	79	14:46	78,5	15:46	75,5
12:48	78	13:48	75	14:48	78	15:48	77
12:50	80,5	13:50	78	14:50	78,5	15:50	80,5
12:52	78,5	13:52	79,5	14:52	79	15:52	77,5
12:54	78	13:54	79	14:54	79,5	15:54	76,5
12:56	78	13:56	80	14:56	78,5	15:56	79,5
12:58	78	13:58	77	14:58	77	15:58	81
13:00	78,5	14:00	78	15:00	81,5	16:00	78
13:02	79,5	14:02	76	15:02	78		
13:04	76	14:04	77	15:04	77		
13:06	78	14:06	80	15:06	76		
13:08	80,5	14:08	77	15:08	77		
13:10	80	14:10	77,5	15:10	80		
13:12	78,5	14:12	78,5	15:12	78		
13:14	78,5	14:14	79	15:14	78		
13:16	81	14:16	77	15:16	76		
13:18	79,5	14:18	78,5	15:18	76		
13:20	76	14:20	78,5	15:20	76,5		
13:22	79,5	14:22	78,5	15:22	80		
13:24	78	14:24	77,5	15:24	77,5		
13:26	81	14:26	78	15:26	75,5		
13:28	78,5	14:28	76,5	15:28	76,5		



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

**NIVELES DE RUIDO**

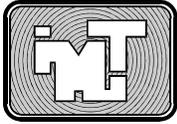
Estación Carretera Querétaro-Celaya Km 10+ 000 (Sentido Cel.)

Fecha 31 de Mayo de 2000

**DATOS GENERALES**

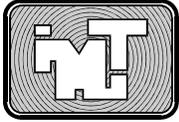
Velde Proyecto	100 Km/h
Pendiente	+ 2%
TDPA	5,282
Tipo de Pavimento	Asfalto
Condiciones de la Carretera	buen estado
	2 carriles

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
8:30	74	9:30	76	10:30	73	11:30	76,5
8:32	76,5	9:32	79,5	10:32	78,5	11:32	76
8:34	76	9:34	75	10:34	73,5	11:34	78,5
8:36	77	9:36	76	10:36	76,5	11:36	75,5
8:38	80	9:38	74,5	10:38	74,5	11:38	74
8:40	78,5	9:40	76	10:40	83	11:40	77,5
8:42	72	9:42	75	10:42	78	11:42	74,5
8:44	77	9:44	71,5	10:44	75,5	11:44	74
8:46	69	9:46	76	10:46	72	11:46	70,5
8:48	79,5	9:48	75	10:48	78	11:48	80
8:50	74,5	9:50	70,5	10:50	72,5	11:50	77,5
8:52	68	9:52	73	10:52	76,5	11:52	78
8:54	67,5	9:54	75,5	10:54	77,5	11:54	76,5
8:56	77,5	9:56	75,5	10:56	74,5	11:56	72,5
8:58	76	9:58	77	10:58	72,5	11:58	73,5
9:00	82	10:00	78,5	11:00	75	12:00	77,5
9:02	73,5	10:02	74	11:02	72,5	12:02	74
9:04	71	10:04	76	11:04	77	12:04	75,5
9:06	75,5	10:06	78,5	11:06	72	12:06	76
9:08	75	10:08	76	11:08	77	12:08	79
9:10	79,5	10:10	76,5	11:10	75	12:10	77,5
9:12	80	10:12	77	11:12	78	12:12	70,5
9:14	78,5	10:14	74	11:14	76,5	12:14	77,5
9:16	70,5	10:16	76,5	11:16	79	12:16	79
9:18	75,5	10:18	77	11:18	70,5	12:18	72,5
9:20	78	10:20	76	11:20	72	12:20	77,5
9:22	75,5	10:22	75	11:22	73	12:22	80,5
9:24	66,5	10:24	77,5	11:24	79	12:24	75
9:26	76,5	10:26	76	11:26	73	12:26	73,5
9:28	76,5	10:28	73,5	11:28	80,5	12:28	78,5



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:30	78,5	13:30	78,5	14:30	74	15:30	76
12:32	73	13:32	77	14:32	69,5	15:32	80
12:34	73	13:34	75,5	14:34	74,5	15:34	69
12:36	74	13:36	66,5	14:36	69,5	15:36	73
12:38	72,5	13:38	79,5	14:38	74	15:38	78
12:40	78	13:40	72,5	14:40	71	15:40	75
12:42	73	13:42	75,5	14:42	84,5	15:42	70,5
12:44	79	13:44	77	14:44	80,5	15:44	73,5
12:46	76,5	13:46	73,5	14:46	74	15:46	77,5
12:48	67	13:48	74	14:48	78	15:48	74
12:50	75,5	13:50	74	14:50	71,5	15:50	71,5
12:52	75,5	13:52	70,5	14:52	73,5	15:52	68,5
12:54	72,5	13:54	74,5	14:54	79	15:54	78,5
12:56	74,5	13:56	71	14:56	78	15:56	74
12:58	72,5	13:58	73	14:58	82	15:58	65,5
13:00	72	14:00	77,5	15:00	75	16:00	79
13:02	77,5	14:02	77,5	15:02	71,5		
13:04	77	14:04	76,5	15:04	74,5		
13:06	75,5	14:06	75,5	15:06	71,5		
13:08	78	14:08	71	15:08	77		
13:10	70	14:10	72,5	15:10	71		
13:12	78	14:12	80,5	15:12	75,5		
13:14	74	14:14	78	15:14	78,5		
13:16	78	14:16	69,5	15:16	67,5		
13:18	76,5	14:18	79,5	15:18	68,5		
13:20	73,5	14:20	74,5	15:20	79,5		
13:22	75	14:22	77	15:22	80,5		
13:24	74,5	14:24	72	15:24	74		
13:26	75,5	14:26	77,5	15:26	76,5		
13:28	76,5	14:28	76,5	15:28	73		



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

**NIVELES DE RUIDO**

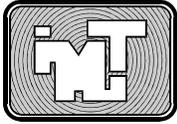
Estación Carretera Querétaro-Celaya Km 10+ 000 (Sentido Qro.)

Fecha 6 de Junio de 2000

**DATOS GENERALES**

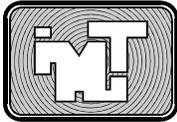
Velocidad Proyecto	100 Km/h
Pendiente	-2%
TDPA	5,282
Tipo de Pavimento	Asfalto
Condiciones de la Carretera	buenas condiciones
	2 carriles

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
8:30	72,5	9:30	73,5	10:30	72,5	11:30	75
8:32	71	9:32	76	10:32	72,5	11:32	73,5
8:34	78	9:34	74,5	10:34	71,5	11:34	72,5
8:36	72,5	9:36	75	10:36	76,5	11:36	75,5
8:38	74,5	9:38	68,5	10:38	71	11:38	72
8:40	75	9:40	75	10:40	70	11:40	81
8:42	72,5	9:42	71,5	10:42	71,5	11:42	70,5
8:44	75	9:44	74	10:44	75,5	11:44	73
8:46	83,5	9:46	76	10:46	73	11:46	68
8:48	74,5	9:48	73	10:48	73	11:48	78
8:50	76,5	9:50	75,5	10:50	71,5	11:50	76
8:52	74,5	9:52	69	10:52	72	11:52	83
8:54	73,5	9:54	69,5	10:54	78	11:54	71,5
8:56	74	9:56	71,5	10:56	74	11:56	72
8:58	76,5	9:58	77	10:58	69,5	11:58	70
9:00	71	10:00	74,5	11:00	82,5	12:00	72
9:02	75,5	10:02	76,5	11:02	74,5	12:02	73
9:04	77	10:04	71,5	11:04	75	12:04	74,5
9:06	73,5	10:06	73	11:06	74,5	12:06	74,5
9:08	75,5	10:08	73	11:08	67,5	12:08	80
9:10	71	10:10	75	11:10	80	12:10	80
9:12	74,5	10:12	76	11:12	71	12:12	74
9:14	69,5	10:14	74	11:14	71	12:14	73
9:16	68	10:16	71	11:16	70	12:16	74
9:18	71,5	10:18	71	11:18	78	12:18	70,5
9:20	76	10:20	75,5	11:20	75,5	12:20	75
9:22	69,5	10:22	72,5	11:22	74,5	12:22	73
9:24	76	10:24	73,5	11:24	76	12:24	72,5
9:26	79,5	10:26	77	11:26	73,5	12:26	78
9:28	74,5	10:28	73,5	11:28	73	12:28	65,5



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:30	73,5	13:30	74,5	14:30	68,5	15:30	73,5
12:32	71,5	13:32	75,5	14:32	70,5	15:32	75,5
12:34	73	13:34	67	14:34	76,5	15:34	74
12:36	74	13:36	71,5	14:36	75	15:36	73,5
12:38	68,5	13:38	75	14:38	79	15:38	75
12:40	73,5	13:40	73	14:40	74,5	15:40	75,5
12:42	71	13:42	71,5	14:42	77	15:42	78
12:44	79,5	13:44	70	14:44	74	15:44	70
12:46	78	13:46	62,5	14:46	72	15:46	75,5
12:48	73,5	13:48	71	14:48	71	15:48	76,5
12:50	73	13:50	76,5	14:50	74,5	15:50	72,5
12:52	71	13:52	70,5	14:52	74,5	15:52	72
12:54	76	13:54	75	14:54	79,5	15:54	78
12:56	73,5	13:56	75,5	14:56	77,5	15:56	74
12:58	73,5	13:58	73,5	14:58	72,5	15:58	72,5
13:00	75	14:00	79	15:00	70,5	16:00	75,5
13:02	73	14:02	70	15:02	72,5		
13:04	74	14:04	69	15:04	73		
13:06	75,5	14:06	71,5	15:06	74,5		
13:08	76,5	14:08	74,5	15:08	71		
13:10	74	14:10	69,5	15:10	76		
13:12	71	14:12	69	15:12	74		
13:14	74,5	14:14	69	15:14	73,5		
13:16	72	14:16	74,5	15:16	72,5		
13:18	69,5	14:18	67,5	15:18	76,5		
13:20	83	14:20	69	15:20	77		
13:22	72	14:22	69	15:22	71,5		
13:24	83,5	14:24	80	15:24	75		
13:26	78,5	14:26	74,5	15:26	70		
13:28	71	14:28	71	15:28	68,5		



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

**NIVELES DE RUIDO**

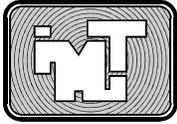
Estación Carretera Querétaro-S.L.P. Km 26+200 (Sentido SLP)

Fecha 7 de Junio de 2000

**DATOS GENERALES**

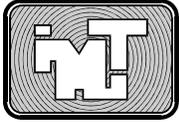
Velocidad Proyecto	110 Km/h
Pendiente	+ 4,43%
TDPA	7,881
Tipo de Pavimento	Asfalto
Condiciones de la Carretera	buen estado
	2 carriles más un lateral

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
8:30	77,5	9:30	78,5	10:30	77,5	11:30	77
8:32	78,5	9:32	76,5	10:32	73	11:32	76
8:34	75,5	9:34	75,5	10:34	76	11:34	75
8:36	79,5	9:36	78	10:36	76	11:36	77
8:38	76	9:38	76	10:38	76,5	11:38	76
8:40	74,5	9:40	74	10:40	83	11:40	73
8:42	76,5	9:42	77	10:42	77	11:42	74
8:44	78	9:44	79,5	10:44	73,5	11:44	74
8:46	76	9:46	74	10:46	77	11:46	73,5
8:48	77	9:48	76,5	10:48	76	11:48	79,5
8:50	75	9:50	74	10:50	76	11:50	76,5
8:52	76,5	9:52	75,5	10:52	77,5	11:52	81
8:54	73,5	9:54	74,5	10:54	76,5	11:54	74
8:56	72	9:56	77	10:56	78	11:56	74
8:58	76	9:58	80	10:58	75,5	11:58	73,5
9:00	81,5	10:00	79,5	11:00	72,5	12:00	72
9:02	73,5	10:02	76	11:02	76,5	12:02	77
9:04	74,5	10:04	76,5	11:04	76,5	12:04	75
9:06	69	10:06	70	11:06	72	12:06	74
9:08	78,5	10:08	75,5	11:08	76	12:08	74,5
9:10	74	10:10	77	11:10	75,5	12:10	79,5
9:12	73	10:12	75,5	11:12	74	12:12	73
9:14	72	10:14	76	11:14	77,5	12:14	76,5
9:16	75,5	10:16	74,5	11:16	77	12:16	74
9:18	76,5	10:18	78	11:18	75	12:18	74,5
9:20	74	10:20	77,5	11:20	78,5	12:20	75
9:22	74,5	10:22	76,5	11:22	74	12:22	76
9:24	75,5	10:24	76,5	11:24	77	12:24	75
9:26	78	10:26	75,5	11:26	77	12:26	75
9:28	76,5	10:28	74	11:28	78	12:28	76,5



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:30	69,5	13:30	72,5	14:30	76,5	15:30	75,5
12:32	73,5	13:32	74	14:32	73	15:32	72,5
12:34	75,5	13:34	75	14:34	74,5	15:34	72,5
12:36	78	13:36	77	14:36	77	15:36	76,5
12:38	78	13:38	75,5	14:38	75,5	15:38	72
12:40	78	13:40	76,5	14:40	78,5	15:40	76
12:42	77	13:42	78,5	14:42	77,5	15:42	74,5
12:44	75	13:44	76,5	14:44	77	15:44	74
12:46	77	13:46	78,5	14:46	76	15:46	78,5
12:48	73	13:48	76	14:48	75	15:48	74
12:50	73	13:50	75,5	14:50	76	15:50	76
12:52	76,5	13:52	75,5	14:52	79,5	15:52	74
12:54	76	13:54	78	14:54	75	15:54	77
12:56	77,5	13:56	77	14:56	75,5	15:56	78
12:58	73,5	13:58	76	14:58	74	15:58	76
13:00	73	14:00	75	15:00	76,5	16:00	76
13:02	73,5	14:02	77,5	15:02	73,5		
13:04	79	14:04	72,5	15:04	76,5		
13:06	72	14:06	72	15:06	72		
13:08	75	14:08	77	15:08	75		
13:10	77	14:10	75	15:10	75		
13:12	78,5	14:12	78,5	15:12	76,5		
13:14	76,5	14:14	73,5	15:14	80		
13:16	70	14:16	73,5	15:16	75		
13:18	76,5	14:18	69	15:18	74,5		
13:20	70	14:20	79,5	15:20	76		
13:22	76,5	14:22	73	15:22	76		
13:24	74,5	14:24	73	15:24	77		
13:26	79	14:26	72	15:26	76,5		
13:28	77	14:28	74,5	15:28	78		



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

**NIVELES DE RUIDO**

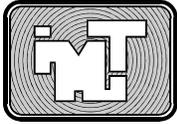
Estación Carretera Querétaro-S L.P. Km 26+ 100 (Sentido Q ro.)

Fecha 8 de junio de 2000

**DATOS GENERALES**

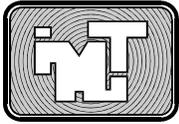
Velde Proyecto	110 Km/h
Pendiente	-4,43%
TDPA	7,835
Tipo de Pavimento	Asfalto
Condiciones de la Carretera	buen estado
	2 carriles

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
8:30	78,5	9:30	76,5	10:30	75	11:30	77
8:32	78,5	9:32	79,5	10:32	79,5	11:32	77
8:34	78	9:34	82	10:34	78	11:34	75,5
8:36	80	9:36	80,5	10:36	77,5	11:36	72
8:38	79,5	9:38	76	10:38	79,5	11:38	76
8:40	74,5	9:40	75	10:40	81,5	11:40	79,5
8:42	76	9:42	79,5	10:42	80,5	11:42	78
8:44	80	9:44	79,5	10:44	80	11:44	76,5
8:46	78	9:46	77	10:46	77	11:46	79,5
8:48	80,5	9:48	77,5	10:48	81,5	11:48	79,5
8:50	79	9:50	80	10:50	80,5	11:50	79,5
8:52	73,5	9:52	81	10:52	81	11:52	77,5
8:54	81	9:54	77	10:54	77,5	11:54	80
8:56	82,5	9:56	77	10:56	81	11:56	78
8:58	77,5	9:58	75	10:58	79	11:58	75
9:00	82	10:00	82	11:00	79,5	12:00	75
9:02	75,5	10:02	82	11:02	84,5	12:02	77
9:04	76,5	10:04	80,5	11:04	81	12:04	80
9:06	80,5	10:06	79	11:06	80	12:06	76
9:08	78,5	10:08	76	11:08	78	12:08	79,5
9:10	79	10:10	77	11:10	81	12:10	78
9:12	83	10:12	77,5	11:12	78	12:12	78,5
9:14	76	10:14	77	11:14	81,5	12:14	80
9:16	77,5	10:16	78,5	11:16	76,5	12:16	81,5
9:18	76,5	10:18	75	11:18	79	12:18	78
9:20	79	10:20	78	11:20	75,5	12:20	77
9:22	81	10:22	77	11:22	81	12:22	73,5
9:24	81,5	10:24	81,5	11:24	78	12:24	78,5
9:26	81	10:26	78,5	11:26	74,5	12:26	79
9:28	77,5	10:28	73,5	11:28	74	12:28	78



**ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:30	75	13:30	79,5	14:30	77,5	15:30	82,5
12:32	75,5	13:32	77	14:32	77,5	15:32	80
12:34	78,5	13:34	81,5	14:34	76	15:34	78,5
12:36	77	13:36	77,5	14:36	77,5	15:36	78,5
12:38	78	13:38	72	14:38	80,5	15:38	78
12:40	75,5	13:40	79	14:40	79	15:40	75,5
12:42	76,5	13:42	79,5	14:42	79,5	15:42	78,5
12:44	79	13:44	76	14:44	80,5	15:44	74
12:46	76,5	13:46	71,5	14:46	80	15:46	80
12:48	77	13:48	79	14:48	77	15:48	80,5
12:50	79	13:50	79	14:50	79	15:50	79
12:52	74,5	13:52	77	14:52	76	15:52	81
12:54	76,5	13:54	78,8	14:54	78	15:54	77,5
12:56	79,5	13:56	78	14:56	79,5	15:56	74,5
12:58	81,5	13:58	77,5	14:58	78,5	15:58	77
13:00	80,5	14:00	79	15:00	77	16:00	80,5
13:02	77,5	14:02	78	15:02	77,5		
13:04	83	14:04	77	15:04	77,5		
13:06	80	14:06	82,5	15:06	76,5		
13:08	75	14:08	79,5	15:08	79,5		
13:10	80	14:10	79,5	15:10	77		
13:12	80,5	14:12	78,5	15:12	85		
13:14	78	14:14	76	15:14	80,5		
13:16	78,5	14:16	78,5	15:16	76		
13:18	79,5	14:18	78	15:18	77,5		
13:20	77	14:20	74	15:20	79		
13:22	73,5	14:22	79,5	15:22	78		
13:24	73	14:24	76	15:24	73,5		
13:26	87	14:26	77	15:26	77,5		
13:28	79	14:28	81	15:28	80		



ÁREA DE MEDIO AMBIENTE  
COORDINACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

NIVELES DE RUIDO (NOCTURNO)

Estación Carretera México-Qro. 193+ 050 (Sentido México)

Fecha 6 de Septiembre de 2000

DATOS GENERALES

Velocidad Proyecto	110 Km/h
Pendiente	+ 0,34%
TDPA	16,030
Tipo de Pavimento	Concreto Hidráulico
Condiciones de la Carretera	buen estado
	3 carriles más un lateral

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
21:00	78	22:00	83,5	23:00	83	0:00	81
21:02	79,5	22:02	81,5	23:02	82	0:02	83
21:04	80	22:04	78	23:04	80,5	0:04	80
21:06	79,5	22:06	81,5	23:06	85	0:06	83
21:08	78	22:08	82,5	23:08	83,5	0:08	83
21:10	82,5	22:10	79	23:10	81,5	0:10	82,5
21:12	81,5	22:12	81	23:12	82	0:12	82,5
21:14	80,5	22:14	78	23:14	81	0:14	80
21:16	81,5	22:16	79,5	23:16	82,5	0:16	83
21:18	82	22:18	79	23:18	84,5	0:18	83
21:20	82	22:20	81	23:20	85	0:20	82
21:22	81	22:22	81	23:22	83	0:22	84,5
21:24	78	22:24	78	23:24	81	0:24	83,5
21:26	81,5	22:26	78,5	23:26	80	0:26	81
21:28	80,5	22:28	79,5	23:28	80,5	0:28	85,5
21:30	85	22:30	78,5	23:30	81	0:30	83,5
21:32	79,5	22:32	78,5	23:32	82,5	0:32	84
21:34	83,5	22:34	80	23:34	81,5	0:34	84,5
21:36	84	22:36	82	23:36	82,5	0:36	79,5
21:38	81,5	22:38	84	23:38	84	0:38	78,5
21:40	78	22:40	78,5	23:40	79,5	0:40	80
21:42	82,5	22:42	79,5	23:42	75	0:42	83
21:44	83	22:44	77,5	23:44	81	0:44	83
21:46	84	22:46	81	23:46	78,5	0:46	83,5
21:48	83	22:48	80	23:48	83,5	0:48	81,5
21:50	81,5	22:50	78	23:50	88,5	0:50	84
21:52	85	22:52	82,5	23:52	78,5	0:52	80,5
21:54	81,5	22:54	81,5	23:54	81	0:54	83,5
21:56	82,5	22:56	83	23:56	79,5	0:56	82,5
21:58	75	22:58	80	23:58	84	0:58	79,5