

EL IMPACTO AMBIENTAL DE RUIDO GENERADO POR EL TRANSPORTE CARRETERO Y SU VALORACIÓN HACÍA UN TRANSPORTE SUSTENTABLE

*Juan Fernando Mendoza Sánchez **

Sandra Torras Ortiz

Miguel Antonio Flores Puente

Rodolfo Téllez Gutiérrez

Octavio Rascón Chávez

*Instituto Mexicano del Transporte (IMT);
Sanfandila, Querétaro, México*

Resumen

Uno de los aspectos relevantes a considerar en los estudios de impacto ambiental para alcanzar un **transporte sustentable**, debido a los efectos y daños a la salud es el **ruido**. Este trabajo se presenta mostrando un esquema general del conocimiento y estado del arte del ruido definiendo la importancia por sus efectos en la salud humana. Se plantea también un panorama de los antecedentes del ruido en México en cuanto a su legislación. Se muestra un resumen de los trabajos de la medición del ruido en carreteras realizados por el Instituto Mexicano del Transporte en 4 estados de la República. Finalmente se muestran los esquemas en los que se propone abordar las **medidas de mitigación del impacto del ruido del transporte carretero en el medio ambiente**, donde se proponen diferentes medidas, agrupadas en tres aspectos básicos: legislación en la materia; planeación y construcción de las vías de comunicación, y medidas de mitigación en vías ya construidas. Se concluye el trabajo con una serie de recomendaciones para la determinación de los niveles de ruido que se deben aplicar en la normatividad mexicana y los comentarios correspondientes sobre los estándares internacionales para el control del ruido ambiental.

* Responsable del documento. E-mail: jmendoza@imt.mx

1. Introducción

El desarrollo integral del ser humano y de las sociedades en conjunto es la fuente generadora de un gran número de actividades que en la búsqueda del bienestar y el confort impactan al medio ambiente donde se encuentran inmersos. Cada día es común escuchar en los medio de comunicación alertas sobre calentamiento global, adelgazamiento de la capa de ozono, cambio climático, afecciones en la salud humana, etc.; y esto ha generado estrategias que investiguen el origen de estos impactos, para medirlos, analizarlos y proponer políticas en aras de mitigar los efectos al medio ambiente.

Es por ello que las políticas ambientales y la evolución de las inquietudes socioeconómicas de las últimas décadas reflejadas en los programas de acción de las corporaciones internacionales, en particular la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE), y la Comunidad Económica Europea (CEE), hacen referencia a un nuevo modelo de desarrollo sostenido y equilibrado.

Aunque la evaluación y el control del impacto que puede provocar o generar la infraestructura carretera en el ambiente es un tanto reciente para los planeadores, constructores y operadores de carreteras, la tendencia mundial apunta a la incorporación de estudios de impacto con objeto de identificar y valorar los efectos negativos potenciales que futuras obras de este tipo, generarán en el medio.

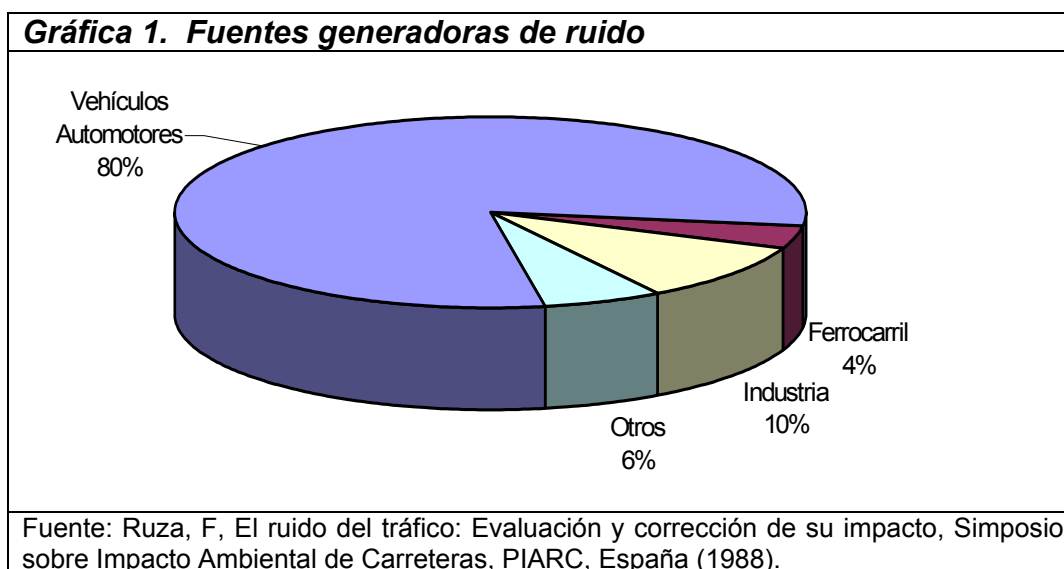
Uno de los aspectos relevantes a considerar en los estudios de impacto ambiental para alcanzar un **transporte sustentable**, debido a los efectos y daños a la salud es el **ruido**, el cual puede definirse como cualquier sonido desagradable o molesto, que no sólo depende de la calidad de él, sino también de nuestra actitud hacia él; tiene una o varias de las siguientes características: es duradero, de fuerte intensidad, elevada frecuencia, y caótico; además interviene un componente de carácter no acústico que necesita la contribución de la fisiología, la psicología y la sociología, entre otras.

Este trabajo se presenta mostrando un esquema de los antecedentes del ruido en México definiendo la importancia por sus efectos en la salud humana, se continua con un resumen de los trabajos de la medición del ruido en carreteras principales mexicanas y finalmente se muestran los esquemas en los que se propone abordar las medidas de mitigación del impacto del ruido del transporte carretero en el medio ambiente.

2. Generalidades

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 humano (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 tiene diversos orígenes. Según el Instituto del Ruido de Londres, los automotores, con sus mecanismos, motores y roce de los neumáticos con el pavimento, son los máximos responsables del ruido total, cuya globalidad tiene su origen en la energía acústica producida por los siguientes sectores, y en los porcentajes de la gráfica 1.



El ruido generado por los vehículos se convierte así en uno de los grandes problemas que afectan a la calidad de la vida del hombre, de forma más cargada en los núcleos urbanos y en las zonas suburbanas habitacionales aledañas a las carreteras.

La tabla 1 proporciona diferentes valores de la presión sonora para algunas fuentes y ambientes acústicos típicos, medidas en decibeles con ponderación A. Estos valores proporcionan una medida objetiva del sonido relacionada con efectos deletéreos para la salud y la tranquilidad, así como la interferencia con diversas actividades cotidianas, por ejemplo dormir, estudiar, etc; además, no dependen del juicio subjetivo de las personas, y se han obtenido con base en estudios de la OMS.

Tabla1. Nivel de presión sonora para algunas fuentes sonoras y ambientes acústicos típicos	
FUENTE	L_p (dBA)
Umbral de dolor	120
Discoteca a todo volumen	110
Martillo neumático a 2 m	105
Ambiente industrial ruidoso	90
Piano a 1 m con fuerza media	80
Automóvil silencioso a 2 m	70
Conversación normal	60
Ruido urbano de noche	50
Habitación interior (día)	40
Habitación interior (noche)	30
Estudio de grabación	20
Cámara sonoamortiguada	10
Umbral de audición a 1 kHz	0
Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Dirección General de Carreteras, Reducción del ruido en el entorno de las carreteras, OCDE, Francia (1995).	

3. Antecedentes

Existen en México las siguientes normas para el control de emisión de ruido: la 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 dinámico; la 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 el método de medición, el cual es estático y se debe realizar en centros de verificación; la 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 y finalmente la NOM-082-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta y su método de medición.

Analizando las normas anteriores, se distinguen dos categorías de fuentes de ruido: las fijas y las móviles, considerando las primeras como los equipos e instalaciones ubicados permanentemente en un sitio determinado, incluyendo máquinas, motores, sistemas de sonido, etc.; las fuentes móviles son los vehículos automotores de cualquier clase. Esta clasificación se origina por la necesidad de delimitar claramente la responsabilidad de cada actor en un conflicto causado por ruido.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), trabajando en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 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. Estos valores se muestran en la tabla 2, expresados en Leq dB(A), que es el nivel de presión sonora continuo equivalente para un periodo de 8 horas, en decibeles con ponderación A. 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.

Tabla 2. Valores recomendados por la OMS	
Tipo de Ambiente	Leq dB(A)
Laboral	75
Doméstico, auditorio, aula	45
Dormitorio	35
Exterior diurno	55
Exterior nocturno	45
Fuente: Organización Panamericana de la Salud (1983) <i>Criterios de salud ambiental 12: El Ruido</i> . Organización Mundial de la Salud, México.	

La Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (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 límites máximos aceptables para carreteras, alcanzables a mediano plazo, es decir, en un lapso de 5 a 10 años. Analizando la tabla 3, se identifica el valor de 70 dB(A) como el valor máximo aceptable para el horario diurno en una carretera ya construida, siendo deseables valores de hasta 50 dB(A) en carreteras nuevas durante la noche.

Tabla 3. Valores recomendados por la OCDE			
Niveles aceptables propuestos por la OCDE			
(Leq, Límites en fachadas de zonas habitacionales)			
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)
Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Dirección General de Carreteras (1995) <i>Reducción del ruido en el entorno de las carreteras</i> . OCDE, Francia.			

4. Medición del ruido generado por vehículos en carreteras mexicanas

En México no se contaba con estudios que permitiesen cuantificar los niveles de ruido vehicular en las carreteras, donde se pudiera establecer la importancia de este impacto al medio ambiente; por ello, el objetivo del estudio fue tratar de definir si, dentro del impacto ambiental generado por la infraestructura carretera, los niveles sonoros producidos por el transporte son de tal magnitud que representan un problema necesario de estudiar y plantear medidas que lo minimicen.

Las mediciones se realizaron en cuatro estados de la República Mexicana, considerados de importancia económica: Querétaro, Jalisco, Nuevo León y Veracruz. En cada una se jerarquizaron las vías por su flujo vehicular, conforme los datos de Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), tipo de pavimento, situación topográfica y los posibles efectos sobre el usuario y la población circunvecina afectada. Con esa información, y a través de recorridos de evaluación previos, se determinaron los tramos críticos a medir.

4.1 Método de medición

Se optó por realizar una medición del ruido, ya que desde el punto de vista económico y dada la naturaleza del estudio, fue más factible y práctico hacer mediciones directas, que diseñar un modelo de previsión que represente las condiciones sonoras de las carreteras, para lo cual hubiese sido necesario determinar y analizar las características acústicas del entorno vehicular, y la capacidad fonoaislante y fonoabsorbente de los materiales que lo componen, lo cual queda fuera del objetivo planteado en esta fase del análisis.

El estudio de campo puede considerarse para fines prácticos como una medición de monitoreo conforme las siguientes consideraciones:

- Las mediciones se realizaron durante períodos continuos de 7 ½ h
- La medición del ruido puede considerarse como continua a lo largo del período de medición
- Las mediciones no se aplicaron bajo condiciones climáticas adversas como lluvia, viento o nieve, que pudieran afectar la confiabilidad de los resultados
- El grado de precisión de las mediciones no puede llegar a la exactitud; sin embargo, el rango de variación es menor a +/- 5 dB, debido a que se utiliza un sonómetro de precisión que puede hallar variaciones en la presión sonora de hasta medio decibel.

La medición se realizó colocando un sonómetro de precisión 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. Para evitar interferencia por viento en la precisión, se usó una pantalla antiviento (windscreen), la cual consiste en una esfera de material sintético poroso sobre el micrófono y que absorbe el silbido del viento.

Este método se empleó para la homologación de los niveles de ruido generado por la operación de las carreteras con los valores internacionales.

En los tramos considerados como críticos se eligieron los puntos de medición, los cuales no debían estar cerca de accesos o salidas de la carretera, ni en pendientes pronunciadas o con obstáculos a su alrededor que sirviesen de amortiguamiento de las ondas sonoras. Esto para tomar mediciones en condiciones estándar de operación, sin el incremento causado por la velocidad de los vehículos, la abertura de los escapes en las pendientes pronunciadas, o un amortiguamiento provocado por cortinas de árboles o formaciones topográficas del lugar.

En estas mediciones se tomaron lecturas del Leq de 60 s, que es el nivel de presión sonora continuo equivalente para un período fijo de un minuto, en un horario de las 08:30 a las 16:00 h, a intervalos de 2 min. Posteriormente se integraron estas lecturas para conformar el Leq en períodos mayores; en este caso 7,5 h, obteniéndose finalmente el Leq_{total}, que es el nivel de presión que habría sido producido por un ruido constante con la misma energía del ruido realmente percibido durante el intervalo de medición, calculado en decibeles.

4.2 Resultados

Los resultados obtenidos en los estudios se muestran en la tabla 4, en la que se incluyen los valores normativos de otros países y los recomendados por organizaciones internacionales para su comparación. También se presentan los valores percentiles L10, que es el nivel de ruido sobrepasado durante el 10% del tiempo considerado y L50, que corresponde al nivel de ruido sobrepasado durante el 50% del tiempo considerado, y que representa la media estadística.

Tabla 4. Resumen de resultados obtenidos en los estudios de medición del ruido en carreteras de cuatro estados de la República Mexicana.			
Valores Máximos Recomendados para Leq total	Finlandia 55 Francia 55	España 65 OCDE 65+/-5	CEE 65/70 OMS 75
Resultados de los Estudios de Ruido			
Estado	Leq total Promedio	Leq total Máximo	Leq total Mínimo
Querétaro	78,2	81,1	75,0
Jalisco	74,0	76,6	69,5
Nuevo León	74,5	78,1	71,0
Veracruz	74,2	75,4	73,2
Fuente: Publicaciones Técnicas del IMT.			

Del análisis de las mediciones en dichos estados, se puede concluir lo siguiente:

- Se observó que los niveles de ruido se ven influenciados, sobre todo por los vehículos de carga de modelos no recientes, contrastando con las unidades ligeras o de carga nuevas, en las cuales el ruido más significativo fue el producido por el contacto llanta – pavimento, y el desplazamiento del aire por la velocidad.
- La mayoría de los valores para el Leq_{total} en los 29 puntos críticos de las cuatro entidades, reportan un promedio en el nivel de ruido de 75,7 dB(A), lo cual sobrepasa los valores máximos recomendados por organizaciones como la OMS o la OCDE, así como los que tienen vigencia normativa en otros países. De acuerdo con 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 h, es la más estricta de todas, seguida por el rango de ruido permisible manejado por la OCDE (60 – 70).
- Se concluye con los valores aquí presentados que el ruido global por el transporte en las carreteras es una importante forma de contaminación ambiental, por lo que se deben analizar y proponer medidas de mitigación acordes con las necesidades de cada sitio en particular. Adicionalmente, es necesario hacer las provisiones correspondientes, para este rubro específico, en la construcción o modernización de nueva infraestructura carretera.

5. Medidas de Mitigación

Las causas que deterioran el medio ambiente sonoro es posible definir las técnicamente pero la falta de legislación y en muchos casos, del cumplimiento y vigilancia de las normas que controlan el nivel de emisión de los vehículos, así como en definitiva, la falta de una política ambiental bien definida sobre el tema, deben tomarse muy en cuenta como las causas más profundas de esa problemática.

Como se señaló, la necesidad de tener un enfoque integral de este fenómeno debe alentar al sector transportes a tomar una serie de medidas en diferentes rubros, tendientes a mejorar sustancialmente el ambiente acústico del país.

Para mitigar dicha problemática se proponen diferentes medidas, agrupadas en tres aspectos básicos: legislación en la materia; planeación y construcción de las vías de comunicación, y medidas de mitigación en vías ya construidas.

5.1 Legislación ambiental

- Actualización de la reglamentación y normatividad para fijar lineamientos más estrictos en el control ambiental del ruido.
- Estricto control del uso de suelo a nivel municipal, estatal y federal, con una mejor planeación que permita crear áreas de amortiguamiento entre carretera y zonas habitacionales, escuelas, hospitales, entre otros.
- Implementación de estrategias de vigilancia para contar con niveles de ruido permitidos por la salud humana.
- Implementar sanciones a quienes incumplan las normas mexicanas establecidas y que se establezcan para mitigar el ruido ambiental.
- Proveer de incentivos, basados en estudios de mercado, a aquellas actividades que contemplen reducir impactos negativos a un nivel socialmente óptimo.
- Implementar estrategias para internalizar los costos de las externalidades generadas por la operación del transporte al medio ambiente, dentro de la actividad realizada.

5.2 Planeación y construcción de vías de comunicación

- Proyecto adecuado de la vía: proyecto geométrico más amigable, alejado de zonas pobladas, con pavimentos poco ruidosos como los porosos, y evitar los adoquinados. Estos dos tipos de pavimento originan diferencias entre ambos en el nivel de ruido, del orden de 3 a 5 dB
- 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 verticalmente y no horizontalmente.
- Limitar la velocidad en tramos críticos.
- Garantizar la fluidez de circulación mediante sincronización de semáforos, y restringir zonas al tránsito por la noche.
- Concentrar el tránsito en pocas vías si la capacidad de éstas lo permite.
- Adecuado desarrollo urbano, que considere las vías existentes con altos niveles de ruido, para una conveniente orientación de los edificios y un porcentaje apropiado de superficie con ventanas, para mitigar los efectos nocivos.

5.3 Medidas de mitigación en vías ya construidas

- Barreras naturales, aprovechando la presencia de obstáculos nativos y la orografía existente
- Construcción de terraplenes con plantas. Reducción de 5-10 dB.
- Materiales amortiguadores de ruido en los edificios habitacionales que se van a construir cercanos a las vías de comunicación con importantes flujos vehiculares. Reducción de 15-45 dB.
- Empleo de pantallas acústicas anti-ruido que impidan o dificulten la transmisión de las ondas sonoras, con una reducción de 5 a 16 dB.
- Plantas ad-hoc que absorban el sonido, con lo que se puede reducir hasta 10 dB(A).

6. CONCLUSIONES

Proponer un mecanismo normativo para el ruido que genera el transporte carretero, implica reconocer que se trata de un fenómeno colectivo en el cual la responsabilidad se distribuye entre todos los actores. Para disminuir los niveles de ruido global se requiere un enfoque integral que contemple tanto los aspectos legislativos como la planeación y construcción de las vías de comunicación.

Con base en valores recomendados por la OMS y la OCDE, sería deseable que un nivel inicial máximo permisible de ruido en carreteras, fuese de 70 dB(A), valor propuesto por la OCDE para carreteras ya existentes y que implica un riesgo menor para el aparato auditivo, aún cuando se escuche durante periodos mayores de 8 h.

Sin embargo, si se observan los resultados de las 29 carreteras más importantes en Querétaro, Jalisco, Nuevo León y Veracruz, los niveles de ruido en la mayoría de los casos exceden cualquier normatividad vigente extranjera, habiéndose encontrado valores de ruido reales en algunos casos de más de 80 dB(A).

Además de lo anterior, al realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos, se encontró que el percentil para el cual los valores son menores o iguales a 70 dB(A) es de 3%, lo que significa que el 97% de los valores está por encima de ese valor. Siguiendo con el análisis estadístico, se encontró que la media es de aproximadamente **75 dB(A)**, es decir que la mitad de los resultados está por debajo de este valor y la otra mitad por arriba del mismo, por lo que **se propone sea el nivel inicial máximo permisible de ruido en carreteras mexicanas.**

La observancia de este valor sería más factible, a pesar de que sobrepasa los vigentes en otros países como Finlandia (55), Francia (65), España (65), entre otros, ya que es evidente que implantar un valor menor sería muy ambicioso y probablemente las condiciones actuales en México no permitirían su eficaz cumplimiento, debido principalmente a la carencia de cultura ambiental y de mecanismos para vigilar la normatividad existente. Es por ello que se recomienda una reducción paulatina de **un decibel anual**, para que en un lapso de **10 años** se tengan niveles aceptables de ruido en las vías comunicación y del orden de estándares internacionales.

Una medida importante para disminuir los niveles de ruido actuales, ha sido tomada por parte de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la que a través del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en el cual participan activamente investigadores del área de medio ambiente del IMT, está redefiniendo los niveles máximos de emisión de ruido admisible para los vehículos individuales con la actualización de la NOM-ECOL-080-1994, para que el ruido total, (que es consecuencia de la superposición de los ruidos de varios vehículos circulando al mismo tiempo por una arteria), disminuya sensiblemente.

Asimismo, se propone analizar la factibilidad y conveniencia, de que dentro de la supervisión de la aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas, específicamente la NOM-068-SCT-2-2000, que establece las condiciones físicas y mecánicas y de seguridad para la operación del transporte en caminos y puentes de jurisdicción federal, la cual es vigilada por la Dirección General de Autotransporte Federal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) con base en la Ley de Caminos y Puentes de Autotransporte Federal, se realice paralelamente la verificación de los niveles de ruido de acuerdo con la **NOM-080-ECOL-1994** vigente.

Si se logra el cumplimiento de lo anterior, seguramente el ruido global en las carreteras y en cercanías a centros urbanos, disminuirá considerablemente. En algunos casos podría no cumplirse con valores de la normatividad propuesta en este documento, para lo cual se sugeriría que las autoridades locales utilizaran algunas medidas de mitigación aquí mencionadas, con el propósito de proteger al medio ambiente, en especial a la población afectada.

Con las recomendaciones que aquí se enumeran, es factible que el problema del ruido disminuya en las carreteras y ciudades del país; sin embargo, es innegable la importancia de contar con una cultura de respeto al medio ambiente por parte del usuario del transporte vehicular en general. Por lo anterior, estas acciones serían infructuosas si no van acompañadas de campañas de concientización, además de actualizar y mejorar la educación ambiental de las generaciones jóvenes.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Berglund, B, Lindvall, T (1995) *Community Noise*. Archives of the Center for Sensory Research, Vol 2, Issue 1, Stockholm University and Karolinska Institute.
2. Instituto Mexicano del Transporte (2001) *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso I, Querétaro*. Publicación Técnica No 154, México.
3. Instituto Mexicano del Transporte (2001) *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso II, Jalisco*. Publicación Técnica No 187, México.
4. Instituto Mexicano del Transporte (2002) *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso III, Nuevo León*. Publicación Técnica No 193, México.
5. Instituto Mexicano del Transporte (2002) *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso IV, Veracruz*. Publicación Técnica No 194, México.
6. International Organization for Standardization; (1977) *Acustics-Measurement of Noise Emitted by Stationary Road Vehicles- Survey Method*. Draft International Standard ISO/DIS 5130.
7. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Dirección General de Carreteras (1995) *Reducción del ruido en el entorno de las carreteras*. OCDE, Francia.
8. Organización Panamericana de la Salud (1983) *Criterios de salud ambiental 12: El Ruido*. Organización Mundial de la Salud, México.
9. Peterson, A (2000) *ContraFlow*. *Revista World Highways*, Vol 9, pág 7, Reino Unido, ene/feb.
10. Ruza, F (1988) *El ruido del tráfico: Evaluación y corrección de su impacto*. *Simposio sobre Impacto Ambiental de Carreteras*, PIARC, España.
11. Secretaría de Desarrollo Social (1994) *Norma Oficial Mexicana NOM-080-ECOL-1994*, México.