

**Universidad Internacional del Ecuador**



**Facultad de Ciencias Técnicas  
Escuela de Ingeniería Automotriz**

**Trabajo de Integración Curricular  
Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica  
Automotriz**

**Estudio de contaminación sonora en vehículos de transporte público a 2800  
m.s.n.m.**

**Adrián Fernando Ayabaca Fuentes  
Richard Saúl Correa Naranjo**

**Director: MBA. Fernanda Paulina Vizcaíno Imacaña  
Co-Director: Gorky G. Reyes C.**

**Quito, 2021**






## CERTIFICACIÓN

Yo, **Adrian Fernando Ayabaca Fuentes**, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Adrian Ayabaca

Yo, **Fernanda Paulina Vizcaino Imacaña**, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firmado electrónicamente por:  
**FERNANDA PAULINA  
VIZCAINO IMACAÑA**

## CERTIFICACIÓN

Yo, **Richard Saul Correa Naranjo**, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Yo, **Fernanda Paulina Vizcaino Imacaña**, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firmado electrónicamente por:  
**FERNANDA PAULINA  
VIZCAINO IMACAÑA**

## **DEDICATORIA**

A Dios y el universo entero que me permitió culminar ésta increíble etapa de mi vida.

Dedicado a mis padres, Patricio Ayabaca y Maria del Pilar Fuentes por ser siempre la guía imprescindible en este camino llamado vida, por darme la libertad de ser y formarme como una persona llena de ética, moral y valores. Por acompañarme siempre y nunca faltarme, A mis hermanos Stefy y Patricio, mis cómplices y motivación diaria. A ustedes, a mi hogar, por ser el pilar y el apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria, por ser el combustible para cumplir mis sueños y siempre mi apoyo incondicional .

Adrián Fernando Ayabaca Fuentes

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis a Dios por darme la oportunidad de estudiar y poder superarme, pero los protagonistas de todo este logro son mis padres a los cuales les dedico toda mi entrega, esmero y profundo trabajo que realice a lo largo de toda mi carrera universitaria.

A mi madre por nunca decaer, por apoyarme, por ser partícipe de todas mis locuras, por enseñarme a valorar todo su esfuerzo, pero lo más importante por brindarme todo su amor de mamá que es mi combustible del diario vivir y de igual manera a mi abuelita que siempre nos ayudó y estará contenta de este logro porque ellas se lo merecen.

A mi padre que siempre creyó en mí, que me enseñó a ser un hombre fuerte y no decaer en los obstáculos que tiene la vida, por forjar mi carácter y por todo su amor reflejado en su sacrificio por mí.

A mis hermanos y sobrinas que me brindaban fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida, a mi ángel en el cielo que me cuida a lo largo de toda mi vida, mi segunda madre Pau.

Este trabajo es el reflejo de todas las madrugadas de mi madre, del trabajo hasta altas horas de mi padre de su entrega por ver a su hijo cumpliendo sus metas y sueños, mis amados padres lo logré.

Richard Saúl Correa Naranjo

## **AGRADECIMIENTO**

Profundamente quiero agradecer a mis padres, quienes hicieron de mi sueño de niño, una meta y una realidad, por ser ese sustento incondicional en estos 5 años de carrera universitaria. Hoy lo logro gracias a ustedes dos.

Agradecer a la flamante Universidad Internacional del Ecuador por ser el lugar donde crecí como alumno y persona. A la Escuela de Ingeniería Automotriz por todo el conocimiento y enseñanzas que hoy forman parte de mí . Una mención especial a los MSc. Gorky Reyes y MBA. Paulina Vizcaino, por guiarnos con su alto conocimiento y experiencia en la realización de nuestro trabajo curricular.

Finalmente, un agradecimiento a Richard, Carlos y Diego por acompañarnos y apoyarnos aun en medio de una pandemia mundial a la realización de este trabajo , por siempre esa buena voluntad, por esas amistades que nos encontramos en esta etapa universitaria y que no se las olvidara .

Adrián Fernando Ayabaca Fuentes

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios por permitirme cumplir una meta en mi vida acompañado de los seres que más amo, mis padres que con su amor y sacrificio han hecho realidad este sueño.

A mi amada novia Carolina Pérez por ser mi mayor motivación en mi aspiración al éxito, siendo el ingrediente perfecto para poder lograr una feliz y merecida victoria de vida, logrando completar de manera exitosa este trabajo de titulación, gracias por creer en mí y enseñarme a luchar por mis metas para un mejor futuro. Te agradezco por brindarme tu ayuda y aporte no solo en mi desarrollo académico, sino también en mi vida, por tus consejos, por demostrarme que eres una mujer maravillosa la cual me inspira y brinda un aliento de vida a mi ser.

Agradecer a la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Internacional del Ecuador, en especial a sus docentes con una mención especial a los MSc. Gorky Reyes y MBA. Paulina Vizcaino por compartir sus conocimientos y brindarnos de su tiempo que fue de gran ayuda para el desarrollo de este trabajo de titulación.

A mis compañeros de clase Carlitos, Kevin, Jesús, Adrián, Diego, Ricardo por compartir conmigo su conocimiento, penas y alegrías por ser partícipes de mis más grandes anécdotas de la universidad y las amistades más gratas que perdurarán durante toda mi vida.

Richard Saúl Correa Naranjo

## INDICE ARTICULO

<b>CERTIFICACIÓN .....</b>	<b>v</b>
<b>ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD.....</b>	<b>vii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>viii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>13</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 El ruido .....	15
2.2 Ruido vehicular .....	15
2.3 Contaminación .....	16
2.4 Contaminación acústica .....	16
2.5 Niveles de ruido según OMS .....	16
2.6 Afectaciones a la salud.....	17
2.7 Materiales aislantes automotrices.....	17
2.8 Aislante de ruido en vehículos de transporte público.....	18
2.9 Normativas de sonido en vehículos .....	19
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 Metodología.....	19
3.2 Materiales .....	19
3.2.1 Vehículo .....	19
3.2.2 Instrumento de medición .....	19
3.2.3 Ruta .....	20
3.2.4 Normativa de medición .....	20
3.2.5 Escenarios .....	21
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Valoraciones – Mediciones.....	22
4.1.1 Valoración diurna - Trafico Alto.....	22
4.1.2 Valoración Diurna - Trafico Leve .....	24
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>26</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>28</b>

## ESTUDIO DE CONTAMINACION SONORA EN VEHICULOS DE TRANSPORTE PUBLICO A 2800 M.S.N.M.

Paulina Vizcaíno<sup>1</sup> Gorky G. Reyes C.<sup>2</sup> Adrián F. Ayabaca.<sup>3</sup>, Richard S. Correa.<sup>4</sup>  
*1* *Máster en Administración de Negocios M.B.A, Ingeniera Informática,*  
[pvizcaino@uide.edu.ec](mailto:pvizcaino@uide.edu.ec), *Quito-Ecuador* *Quito - Ecuador*  
*2* *Maestría Sistemas Automotrices Escuela Politécnica Nacional, Ingeniero Mecánico*  
*especialidad Automotriz,* [gureyesca@internacional.edu.ec](mailto:gureyesca@internacional.edu.ec), *Quito – Ecuador*  
*3* *Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador,*  
[adayabacafu@uide.edu.ec](mailto:adayabacafu@uide.edu.ec), *Quito - Ecuador*  
*4* *Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador,*  
[ricorreana@uide.edu.ec](mailto:ricorreana@uide.edu.ec), *Quito - Ecuador*

### RESUMEN

La contaminación sonora que absorbe un vehículo de transporte público en una trayectoria determinada dentro del corredor sur occidental de la ciudad de Quito. Partiendo de diferentes escenarios propuestos, se realizó un análisis cuantitativo y comparativo de decibeles que fueron obtenidos dentro de los vehículos de transporte público. Los datos obtenidos en mediciones estandarizadas muestran un incremento del 20 % en db contrastando con los límites determinados por la OMS, todas las pruebas realizadas en tráfico leve y alto tienden a encontrarse en los límites establecidos en la norma INEN 1668. Para concluir solo un 10% de los datos medidos se aproximan al límite establecido en la Ordenanza Metropolitana de Quito N°123. Un 90 % de los datos obtenidos sobrepasan los límites recomendados por la OMS y un 5 % por fuera de toda normativa establecida en el país. Es por ello que al considerar el estudio por un tiempo prolongado de exposición al ruido podría a largo plazo provocar afectaciones a la salud según lo afirmado por la OMS

**Palabras clave:** Buses de transporte público, Contaminación sonora, Decibeles, 2800 m.s.n.m.

### ABSTRACT

This article analyzes noise pollution absorbed by a public transport vehicle on a certain path within the south western corridor of the city of Quito. Starting from different proposed scenarios, a quantitative and comparative analysis of decibels that were obtained within public transport vehicles was carried out. The data obtained in standardized measurements shows an increase of 20% in db, contrasting with the limits determined by the WHO, all the tests carried out in light and high traffic tend to be within the limits established in the INEN 1668 standard. To conclude, only 10 % of the measured data are close to the limit established in the Metropolitan Ordinance of Quito No. 123. 90% of the data obtained exceed the limits recommended by the WHO and 5% are outside of all regulations established in the country. That is why when considering the study for a prolonged time of exposure to noise, it could in the long-term cause health effects as stated by the WHO

**Keywords:** Public transportation, noise pollution, decibels, 2800 m.s.n.m



## 1. INTRODUCCIÓN.

Cada año en el DMQ se genera un total de 4600000 viajes según el censo del INEC en 2010 [1] Una gran cantidad de los viajes son realizados en buses de transporte público con distintas trayectorias en el sector sur occidental de la capital en incluyendo túneles, estaciones, mercados a su alrededor. El ruido ocasionado por la movilidad en estos sectores genera contaminación acústica. La metodología empleada en este artículo consiste en el uso de un equipo de diagnóstico calibrado bajo la norma IEC651 tipo 2 y la ANsIs 1.4 con el cual se realizó un análisis cuantitativo de los niveles máximos de ruido en los diferentes escenarios propuestos en la investigación, de esta manera con los datos obtenidos se comparará los niveles de contaminación acústica en relación a lo determinado por la OMS vinculando el estudio a las afectaciones que tienen los usuarios del transporte público. En Quito con una población de 2'239.191 habitantes la movilidad es distribuida por distintos modos de transporte, Esto genera como se lo nombra en un inicio un total de 4,600.000 viajes de los cuales alrededor de 2'800.000 son viajes en transporte público [2]. El casco urbano de Quito, es la zona donde se concentra mayor cantidad de equipamientos urbanos públicos y privados, es la que mayor atracción de viajes genera en el DMQ Zonas que tiene mayor contaminación acústica que otros sectores. [3] En relación a la cantidad de habitantes en este sector del DMQ se genera mayor afluencia de personas para dirigirse a su destino utilizando el transporte público que transita en una de las principales arterias viales de la ciudad. El ruido proveniente de los vehículos en movimiento es una de las principales fuentes de contaminación auditiva en la mayoría de las ciudades, la OMS recomienda no exceder una exposición de entre 50 a 60 db en tráfico

de vehículos [4], lo que significa que con una exposición al ruido prolongada en tráfico causa afectaciones a la salud, efectos auditivos y no auditivos en el ser humano, como se observa en la tabla referencial a continuación

**Tabla 1.** Efectos del ruido en la salud

Entorno	Tiempo (h)	Nivel de sonido dB(A)	Efecto sobre la salud
Exterior de viviendas	16	50-55	Molestia
Interior de viviendas	16	35	Interferencia
Dormitorios	8	30	Interrupción del sueño
Aulas escolares	Duración de la clase	35	Perturbación de comunicación
Áreas industriales, comerciales y de tráfico	24	70	Deterioro auditivo
Música en auriculares	1	85	Deterioro auditivo
Actividades de ocio	4	100	Deterioro auditivo

**Fuente.** [5] Organización Mundial de la Salud

Muchos entes a nivel nacional buscan diferentes alternativas para mejorar la movilidad, como consecuencia se genera un punto a favor de los usuarios donde la secretaria de movilidad en su oficio No. SM-SD-2019-0195 [6] referido al transporte público señala estándares de calidad que se cumpliría en el servicio que brindan las unidades en los diferentes escenarios propuestos, con esto el transporte público no estaría inmiscuido en una media promedio de calidad al brindar este servicio a los usuarios.

Según un estudio acústico realizado en el 2010 por la UDLA, determina que un 87% de la población encuestada en el centro de Quito, considera al tráfico vehicular como el causante principal del ruido generado en la

zona. Esto incluye al ruido de los automotores y el abuso de la bocina. [7]. Por ello se consideró al ruido ocasionado por los vehículos como la fuente principal de la contaminación acústica en la ciudad, por tal razón evaluar si los niveles están dentro de los parámetros establecidos por organismos internacionales.

La contaminación acústica hoy en día es un problema de salud pública según la OMS, ésta afirma que la exposición prolongada al ruido causa estrés o ser la causa de dificultades a la hora de conciliar el sueño. El ruido prologado que sobrepase los 70 db trae afectaciones al ser humano. [8] Lo que significa que una exposición prolongada al ruido vehicular repercute en la salud.

En un estudio donde se evalúa la contaminación acústica en sectores urbanos, turísticos y de entretenimiento en la ciudad de Quito [9] se concluyó como un escenario muy común de la urbe quiteña de contaminación acústica, este incluye instituciones educativas, edificios, clínicas, hospitales, oficinas, embajadas, hoteles, centros culturales y centros de diversión en el cual se operan niveles de ruido muy superiores a lo recomendado por la OMS. Con ello resulta en una emisión de ruido directamente hacia el exterior dando como resultado una exposición y afectación a las actividades que se realizan en su entorno.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

El parque automotor en el Distrito Metropolitano de Quito se encuentra en constante crecimiento, en los últimos 10 de alrededor del 7% anual con un aproximado de 30.000 vehículos por año [2] . El incremento del parque automotor da como resultado el aumento de contaminación ambiental y por ende contaminación acústica causada por los automotores. La importancia del presente estudio al analizar el ruido generado y sus repercusiones

### 2.1 El ruido

El ruido se define como un sonido indeseable, el sonido viaja en forma de ondas en el medio aéreo lo que produce la vibración del tímpano, el tímpano transfiere estas vibraciones a tres huesos minúsculos en el oído medio, los que a la vez comunican las vibraciones al fluido contenido en el oído interno. Dentro de él se hallan las pequeñas terminales nerviosas usualmente conocidas como células ciliadas. Ellas responden a las vibraciones del fluido enviando los impulsos nerviosos al cerebro que entonces interpreta los impulsos como sonido o ruido. [10] Tomando en cuenta que el ruido es producto de varias fuentes como vehículos, fabricas, instituciones, el más común es el provocado por el tráfico en las calles.

Para el cálculo de la sensación recibida por un oyente a partir de las unidades físicas, se define el nivel de potencia  $L_w$  (dB) y se la relaciona la potencia de la fuente del sonido a estudiar con la potencia de otra fuente, la cual estará en el umbral de audición por la siguiente formula:

$$L_w = 10 \log \left( \frac{W_1}{W_2} \right) \quad \text{Ec.(2.1)}$$

Donde:

$W_1$ = La potencia a estudiar en vatios

$W_2$ = La potencia umbral de audición, en SI equivale a 10-12 vatios.

### 2.2 Ruido vehicular

El ruido de tránsito vehicular es el resultado de la contribución colectiva de todo vehículo, También conocido como “ruido del tren de potencia”, abarca el ruido provocado por el motor, además de los sistemas de transmisión y refrigeración [11]. El ruido que es generado por esta fuente no es el mismo en todos los tipos de vehículos, en el mismo existen variables como: su tipo, potencia y velocidad a la que circulan. incluso el individuo que los conduce puede variar el nivel de ruido que esta fuente es capaz de emitir al exterior . Esto provoca una

contaminación ambiental y acústica hacia el medio ambiente.

Tomando en cuenta que el ruido vehicular disminuye conforme el vehículo aumenta la distancia, se expresa la relación entre el nivel de potencia y la presión sonora originada en un punto alejado a una distancia (r) con la siguiente fórmula:

$$= + \cdot + \quad \text{Ec.(2.2)}$$

Donde:

Lw= Nivel de potencia sonora

Lp= Presión sonora originada en un punto alejado

r= distancia

### 2.3 Contaminación

La contaminación es el principal problema del mundo actual, esto concuerda con la creciente urbanización, la industria, la agricultura con excesivo uso de pesticidas y fertilizantes, la deforestación, la producción de energía y los hábitos de consumo con esto se ha generado un incremento de la contaminación del agua, el suelo, la vegetación, la atmósfera dando como resultado un peligro para la vida [12].

En el Ecuador en apoyo del Ministerio del Ambiente se redactó el Acuerdo Ministerial N°0.28 [13] en el que se señala de acuerdo al numeral 27 del artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador que se “reconoce y garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” y dentro de sus jurisdicciones también se menciona que ellos son los encargados de reducir la contaminación aportando con el manejo, mitigación, reducción o prevención de los impactos negativos de la contaminación ambiental, con esto el gobierno de la República del Ecuador promueve un respeto integro a los elementos que forman parte de la naturaleza o Pacha Mama.

### 2.4 Contaminación acústica

La contaminación acústica es la unión de varios sonidos como lo menciona Jimena Martínez en su artículo “Contaminación acústica y ruido” en el cual define la contaminación acústica como: “La presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente.” [14]. Entendemos que la contaminación acústica será la reunión de varios ruidos y vibraciones en un solo ambiente. Según el CEDEX de México la contaminación acústica producto del ruido vehicular es localizada por zonas del vehículo y su porcentaje de aportación al ruido según la siguiente tabla :

**Tabla 2.** Localización de las principales fuentes sonoras en vehículos a Max 50km/h

Fuente de ruido	Vehículos ligeros	Vehículos pesados
Motor	20-50%	10-80%
Transmisión	5-35%	10-80%
Tubo de escape	10-35%	20-60%
Ventilador/radiador	0-30%	0-65%
Admisión/escape	10-35%	0-10%
Rodadura	10-16%	10-16%

**Fuente.** [15] Centro de estudio de transporte CEDEX

### 2.5 Niveles de ruido según OMS

La contaminación acústica ya es un problema de salud pública en muchas ciudades alrededor del mundo, la OMS señaló que: El nivel admisible de exposición diaria al ruido se determinan de acuerdo con factores tales como la intensidad (volumen), la duración (espacio de tiempo) y la frecuencia (asiduidad) de la exposición la suma de estos tres factores determina a la energía sonora total a la que un individuo está expuesto. La OMS ha calculado niveles de exposición admisibles en entornos laborales y con estos resultados se han

asemejado a entornos de recreación dando como resultado que una exposición a 85 decibelios (dB) durante 8 horas como máximo es un nivel de exposición sin riesgos, pero esta exposición tiende a oscilar de acuerdo con la intensidad del sonido por ello un ruido que esté entre los 100 dB el tiempo de exposición debe ser de 15 minutos al día [5]. La exposición a los dispositivos de audio personales puede estar entre los 75 dB y los 136 dB dando como recomendación un estimado de 15 minutos diarios, los riesgos a estas exposiciones se las puede prevenir de acuerdo con la OMS.

## 2.6 Afectaciones a la salud

Los índices de ruido y exposición define algunos efectos adversos que tiene el ser humano, un efecto adverso es un cambio en la morfología y fisiología de un organismo que deriva en un desajuste de su capacidad funcional o en un fallo para compensar el estrés adicional, o bien en un aumento de su susceptibilidad frente a los efectos dañinos de otras influencias ambientales. [5] Las afectaciones a la salud del ser humano son:

**Efectos auditivos:** Las afectaciones directas sobre el oído y su funcionalidad. La pérdida de audición la amenaza ocupacional irreversible más prevalente en todo el mundo, el ruido ambiental ya se lo considera un creciente factor de riesgo de un posible daño auditivo. El reclutamiento coclear con una percepción anormal de niveles sonoros. Tinnitus o acúfenos, son efectos sonoros generados por el oído interno, muchas veces éstas son permanentes en caso de largas exposiciones al ruido ocupacional.

**Efectos no auditivos:** Efectos que no tienen afectaciones directas sobre el oído o su funcionalidad, entre ellas un efecto muy común es la molestia e irritabilidad, la cual es definida como una sensación de incomodidad asociada a cualquier factor o condición. Una manifestación de ira asociada a la interferencia con la

comunicación verbal ocasionada por el ruido puede derivar en estrés. Otra afectación común en el ruido son las alteraciones del sueño, estas serían los principales efectos adversos del ruido ambiental, donde se incluye una dificultad para conciliar el sueño, despertares o interrupciones del sueño y perturbaciones de la calidad del sueño. Según Alberto Recio en su estudio de efectos del ruido urbanos sobre la salud en 2016 cada año un 3.6% de los años de vida saludable perdidos en la UE debido a la exposición al ruido ambiental se atribuyen a la enfermedad isquémica del corazón. [16] Lo que significa que el estrés fisiológico es otro efecto no auditivo el cual desencadena en aumentos de la tensión arterial, alteraciones de la frecuencia cardíaca y vasoconstricción a su vez el autor indica que en niños tienen efectos no auditivos, la exposición prolongada al ruido repercute en problemas cognitivos que son prevalentes en niños entre 7 y 19 años, estos problemas incluyen dificultad para aprender y disminución del rendimiento escolar. Síntomas como vértigo, náuseas son causas de disfunción vestibular causada por largas exposiciones de ruido.

## 2.7 Materiales aislantes automotrices

Los materiales aislantes vehiculares son elementos de gran importancia ya que permiten reducir el ruido que se genera por parte del automotor y del entorno [17] . diferencian algunos materiales que son utilizados en el campo automotriz para lograr una impermeabilización sonora entre las cuales están:

**Barreras acústicas:** se la define como la pared que separa el hueco del motor y la cabina de los pasajeros, su construcción se basa en la pérdida de la relación de transmisión sonora.

**Silenciadores:** definidos como elementos pasivos que reducen el nivel de presión sonora, su diseño cuenta con características

como dirección del flujo, presiones, temperatura, niveles sonoros, etc. El uso de los silenciadores repercute de manera negativa en el rendimiento de los motores ya que se modifica características esenciales para un funcionamiento óptimo del motor. [18]

El índice de aislamiento acústico se define como la capacidad de un elemento constructivo de reducir la intensidad acústica [19] , la cual se propaga a través de la siguiente formula:

$$Ec.(2.3)$$

Donde:

Lp1 y Lp2 son: los niveles de presión acústica, el emisor y receptor.

## 2.8 Aislante de ruido en vehículos de

### transporte público

La normativa considera como parte del confort al aislamiento acústico y térmico, los vehículos de transporte público urbano disponer de un compartimiento del motor aislado acústica y térmicamente con las respectivas características de baja combustibilidad, retardadores de llama e impermeabilidad a combustibles y lubricantes. En el compartimiento de los pasajeros no evidenciar salientes o cualquier tipo de protuberancias que en su efecto causen lesiones o accidentes a los pasajeros, todos los materiales utilizados para el recubrimiento de paredes, paneles interiores, techos y sillas deben atribuirse propiedades retardantes de fuego, no presentar gases de combustión tóxica y ser resistentes al desgaste. [20] El nivel máximo de presión sonora de acuerdo a la norma es de 85 dB medidos a una altura de 1.20 metros el nivel de referencia es el piso del pasillo de circulación interna con el motor funcionando a un 75% del total de sus RPM. La medición se la debe realizar con todas las puertas y ventanas cerradas. [21]

La absorción acústica de los materiales se establece mediante la Norma ISO 11654

titulada: Acústica-Absorbentes acústicos para la utilización en edificios, a los materiales se los clasifica en 5 categorías definidas desde la letra A a la E donde A es el material con el coeficiente máximo de absorción acústico y la letra E el material con el coeficiente de absorción acústica más bajo.

**Tabla 3.** Coeficiente ponderado de absorción acústica

Coeficiente ponderado de absorción acústica ( $\alpha_w$ )	Clase de Absorción acústica	Ponderación
$\geq 0.90$	A	Absorción máxima
0.80-0.85	B	Absorción mayor
0.60-0.75	C	Absorción alta
0.30-0.55	D	Absorción normal
0.15-0.25	E	Absorción baja

Fuente. [22] NTE INEN-ISO 11654

**Tabla 4.** Aislantes de ruido en vehículos de transporte público

Material	Parte	Propiedades	Absorción acústica
Fibra de vidrio	Laterales internos	Alta resistencia térmica, baja conductividad y buena absorción acústica.	A
Acero galvanizado-Aluzinc	Forado del techo	Gran capacidad de aislación acústica, anticorrosiva, maleable y resistente.	C
Sica Flex, Sika - premier y elastómeros	Forado de laterales externos	Amortiguador acústico, elástico, flexible, resistencia al envejecimiento, resistencia al agua, anticorrosivo y absorción de impactos.	E
Planchas de tablero marino impermeabilizado	Ensamblado del piso	Impermeabilización de alta duración, alta resistencia a la flexión y resistente a la inflamabilidad	A

**Fuente.** [23] Autores

## 2.9 Normativas de sonido en vehículos

Según la norma INEN 1668 de Vehículos de transporte público de pasajeros Intrarregional, Interprovincial e Interprovincial menciona que: Los vehículos contengan: en el interior del techo, en las paredes laterales, frontal y posterior de la carrocería y en el compartimiento destinado al alojamiento del motor un sistema de aislamiento acústico y térmico de baja combustibilidad o retardadores de llama.

[21]. De igual manera Con el motor funcionando hasta un 75 % del número máximo de revoluciones por minuto (rpm) existirá un nivel máximo de ruido interior de 88 dB, a 1,20 m respecto del nivel del piso del pasillo de circulación interna, en cualquier punto de su extensión. Las mediciones se efectuarán con todas las puertas y ventanas cerradas.

En un estudio realizado por la universidad de las Américas señala que actualmente existen dos tipos de procedimientos para medir el nivel de ruido generado por un automóvil o una fuente fija dentro de ella se señala a la Norma ISO R362:1961 y bajo normativa inglesa es la BS 4325:1966 que para su efecto de medición toma características como las fuentes de ruido propias del automotor, ruido producido por el motor, ruido aerodinámico y ruido de neumáticos

[24]. Según como se nombra en la tabla 2.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 3.1 Metodología

La presente investigación realizó un análisis cuantitativo/comparativo de datos acústicos obtenidos en las unidades de transporte público partiendo de las características de los diferentes escenarios propuestos. Se analizó en diferentes trayectorias donde se genera mayor incidencia de ruido,

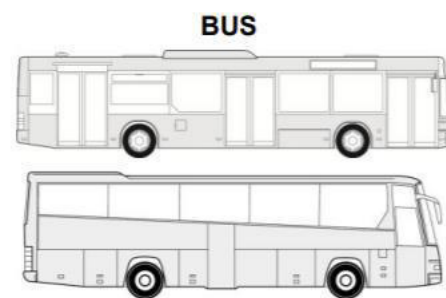
En estas trayectorias el ruido fue medido con un equipo de diagnóstico calibrado bajo

norma IEC651 tipo 2 y la ANsIs 1.4. Se analizó los niveles de ruido generados dentro y fuera de la cabina de transporte público. Se tomó a consideración los puntos con principal aglomeración de sonido, horarios de mayor congestión vehicular en las diferentes rutas y con ello comparar los niveles de ruido máximos obtenidos en función de los recomendados por la OMS [5], y determinar si se encuentran dentro de los rangos aceptables.

## 3.2 Materiales

### 3.2.1 Vehículo

El vehículo seleccionado para el estudio es de clase M3 según la Norma técnica ecuatoriana de clasificación vehicular INEN 2656 , el mismo que lo define como un vehículo de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y un peso bruto vehicular de más de 5 ton. [25]. La categoría del vehículo seleccionado es destinada al transporte de pasajeros con un espacio interno para la circulación y puede contener hasta 90 plazas. En el vehículo de tipo bus se realizó la medición acústica donde se demostró la incidencia del ruido dentro de la cabina, fue seleccionado porque es el modo de transporte principal de muchos usuarios en la trayectoria elegida, esto convierte al vehículo como el material principal para realizar la discusión del estudio.



**Figura 1.** Vehículo de tipo M3

**Fuente.** INEN 2656

### 3.2.2 Instrumento de medición

El instrumento de medición cuenta con la normativa IEC 651 tipo 2 establecida por el International Electro Technical Commission, de acuerdo con la clase 2 la utilizada en mediciones generales de campo.



**Figura 2.** Sonómetro Digital Center390  
**Fuente.** Autores

El equipo tiene la posibilidad de digitalizar los datos para una posterior tabulación en la computadora. La escala de sensibilidad del instrumento de medición se encuentra en el rango de 30 -130 db. Una escala suficiente para las mediciones realizadas en el estudio, algunas características como: una memoria de 4700 registros, conexión directa al PC mediante USB para tabulación de datos, en la siguiente tabla se encuentran más detalles.

**Tabla 5.** Características instrumento de medición

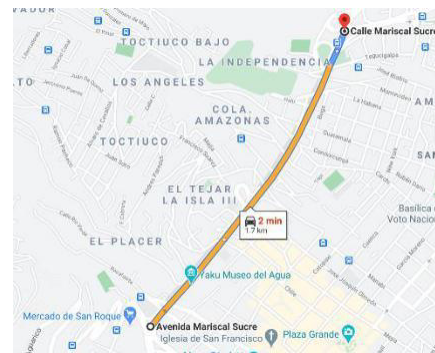
Características	
<b>Marca</b>	CENTER
<b>Escala de medición</b>	30-130 dB
<b>Rango dinámico</b>	50-100 dB
<b>Memoria</b>	4700 registros
<b>Precisión</b>	1.5 dB
<b>Modos de medición</b>	Rápido y lento
<b>Conexión</b>	PC mediante USB

**Fuente.** [26] Autores

### 3.2.3 Ruta

El DMQ es una ciudad encerrada entre montañas y con posibilidades de expansión únicamente lineales, la movilidad es uno de los mayores problemas, limitando y afectando a la economía urbana, la seguridad vial y la calidad de vida de la población. La ruta seleccionada para el estudio comprende el sector suroccidental del Distrito Metropolitano de Quito, uno de los sectores más transitados y congestionados, la ruta se encuentra en el sector de El Tejar [27] a lo largo de la Av. Mariscal sucre, empezando en el primer túnel de San Juan hasta el Mercado de San Roque, comprende un tramo de 1.7 km que toma recorrerla alrededor de 4 minutos en vehículo, en ella existen: mercados, paradas de buses, 2 túneles vehiculares y ventas informales.

El estudio tomó en cuenta todos estos factores para realizar la medición e incidencia acústica.



1.

**Figura 1.** Mapa de ruta seleccionada  
**Fuente.** Google Maps

### 3.2.4 Normativa de medición

La legislación ecuatoriana actual y el INEN agrupan normativas exclusivas para medición de confort estático a consecuencia de esto los datos analizados y medidos se estandarizó de acuerdo a normas nacionales e internacionales que contemplan las características descritas por el estudio, la normativa NTE INEN 1668-1 difiere en el análisis de la altura para realizar la medición, el aporte de la Normativa ISO R 362:1961 determina las diferentes características que provocan una variación en el ruido generado

por parte del automotor, como complemento la Normativa Municipal estandariza el régimen de revoluciones para la medición en autobuses que está en un rango de 1500 a 2500 RPM.

**Tabla 6.** Normativa

Norma	Características
ISO 11654	Absorción acústica de los materiales
NTE INEN 1668-1	Motor al 75 % RPM totales, 1.20 m respecto del nivel del piso del pasillo y altura del oído del conductor
ISO R 362:1961	Toma como características las fuentes de ruido propias del automotor
ISO 5130_2007	Medición de ruido de fuentes móviles

**Fuente.** Autores

Las mediciones fueron contrastadas en función a las normativas que determinan valores específicos para el tráfico de buses en concordancia con la afectación del ruido hacia las personas, para ello se determina si los valores están en función a las condiciones dinámicas de funcionamiento.

**Tabla 6.** Valores determinados en normativas

Normativa	db
INEN 1668-1	88 db
OMS	70 db
Ordenanza Metropolitana N° 123	90 db

**Fuente.** Autores

### 3.2.5 Escenarios

Los escenarios considerados en el estudio son definidos por las variables externas e internas a la trayectoria anteriormente nombrada. A continuación se detalla las variables determinadas en los escenarios.

*Internas:* Se consideró la medición, la disposición de las ventanas, puertas, ventilación, el nivel de volumen del equipo de sonido del vehículo, categoría de carrocería de bus.

*Externas:* La afluencia de tráfico vehicular por día y hora, el túnel designado en la trayectoria, las condiciones climáticas y el ruido provocado por elementos aledaños (mercados, paradas y transeúntes)

**Tabla 7.** Escenarios propuestos

Escenario	1	2	3	4
Ventanas abiertas	x			x
Ventanas cerradas		x	x	
Puertas cerradas	x	x	x	x
Radio encendido	x	x	x	x
Trafico Leve en trayectoria	x		x	
Trafico Alto –en trayectoria		x		x

**Fuente.** Autores

Se realizó mediciones previas con el fin de caracterizar las variables mencionadas en los datos de entrada con ello se identificó las condiciones favorables para la recopilación de los datos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas fueron realizadas en la trayectoria designada anteriormente, la misma que abarca los dos sentidos la Av. Occidental desde el túnel de San Roque a San Juan, Todas las mediciones fueron estandarizadas al momento de ingresar al vehículo, con esto se obtiene los siguientes datos de entrada:

**Tabla 7:** Datos de entrada

Datos base de medición	DMQ
Altura m.s.n.m	2850m
Temperatura ambiente	(11-17) °C
	Soleado - Nublado



Clima	Doble medición por ruta/INEN 1668
Método	(64 – 67) db
Ruido ambiental base	de (A)
Ponderación de frecuencia	
Estándar de medición	NIOSH

**Fuente:** Autores

Las mediciones se realizaron en condiciones de tráfico leve y tráfico alto para delimitar estos valores se realizó entrevistas a los conductores, pruebas piloto de la ruta en diferentes días y horarios, de esta forma el tráfico dentro de la trayectoria estudiada no depende de las horas de alta congestión. Existen variables no controlables como: paradas de buses, intersecciones de salidas de vehículos y actualmente restricción vehicular aplicadas en el DMQ por parte de la Secretaría de Movilidad, que influyen directamente en el flujo normal debido a retenes policiales y el tiempo que toma recorrer la trayectoria anteriormente mencionada.

#### 4.1 Valoraciones – Mediciones

Todas las mediciones de ruido ambiental fueron ejecutadas mediante una ruta previamente establecida con 2.44 kilómetros, empezando la medición en el sector de San Diego en la parada del corredor central y concluyendo al finalizar el recorrido del túnel de San Juan. Las cuatro mediciones evidenciaron datos cuantitativos para el posterior análisis con las normativas propuestas en la investigación.

##### 4.1.1 Valoración diurna - Tráfico Alto

Las mediciones de tráfico alto, fueron realizadas en horas diurnas a partir del mediodía con un alto flujo vehicular y congestión para contrastar los datos, esta información fue obtenida en las entrevistas anteriormente mencionadas y las pruebas piloto. La duración de las pruebas en esta valoración fue de aproximadamente 6 minutos, tiempo que el vehículo transitaba por la trayectoria y paraba en las estaciones.

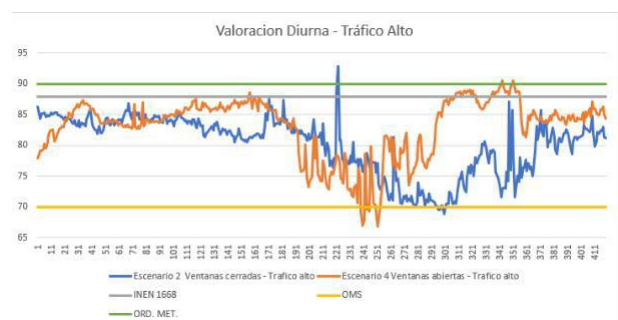
Las variantes dependientes en esta valoración son las ventanas del vehículo, las cuales fueron estandarizadas previo a las mediciones para disminuir los márgenes de error. En la siguiente tabla los datos de entrada de la primera valoración.

**Tabla 8:** Datos de entrada valoración Tráfico - Alto

Datos base de medición	DMQ
Altura m.s.n.m	2850m
Temperatura ambiente	(11-17) °C
Clima	Soleado - Nublado
Método	Doble medición por ruta/INEN 1668
Ruido ambiental base	(64 – 67) db
Radio	Siempre encendida
Puertas	Siempre cerradas
Ventanas	Todas Abiertas/Todas cerradas
Ponderación de frecuencia	(A)
Estándar de medición	NIOSH

**Fuente:** Autores

Una vez estandarizado se procedió a recolectar los datos en tráfico alto con ventanas abiertas y cerradas



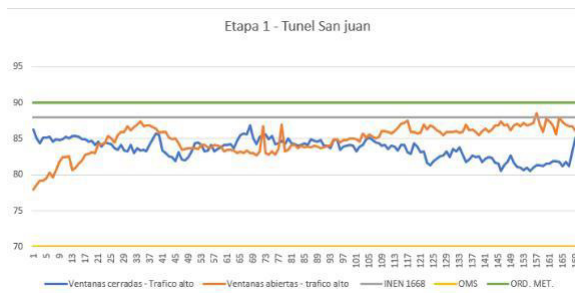
**Gráfico 8.** Valoración Diurna Tráfico Alto

**Fuente:** Autores

Los resultados obtenidos en la valoración demuestran una diferencia de hasta 10 db menos cuando el vehículo se encuentra estandarizado con todas las ventanas cerradas, esto se puede notar en varias etapas a lo largo de toda la medición, las cuales se detalló de la siguiente manera:

#### 4.1.1.1 Etapa 1 – Túnel de San Juan

En la primera etapa la cual comprende una longitud total de 706 metros que contiene todo el Túnel de San Juan. Evidenciando datos en curvas muy similares y aproximadas a la normativa municipal que especifica (88db), a la vez un incremento de hasta 6 db en promedio cuando la prueba es realiza con las ventanas abiertas a diferencia de la prueba con ventanas cerradas.



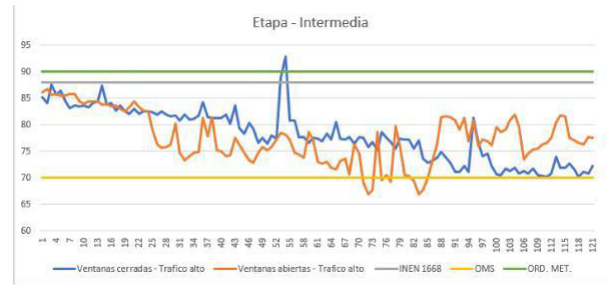
**Gráfico 9.** Medición en db en Etapa 1 – Túnel San Juan

**Fuente:** Autores

Debido a la longitud del túnel provoca una concentración de ruido y por ende estas curvas características. En ninguna prueba las mediciones se aproximan a los valores recomendados por la OMS 70 (db)

#### 4.1.1.2 Etapa 2 – Intermedio

La etapa 2 de la trayectoria comprende la zona con paradas de buses en donde se obtuvo una disminución de (db) en las mediciones, esto debido a que el vehículo detiene su marcha completamente y el promedio es de 70 (db), algunos picos que sobrepasan las normativas son debido a factores no controlados como el ruido en la abertura de puertas, claxon de vehículos o pasajeros al ingresar.



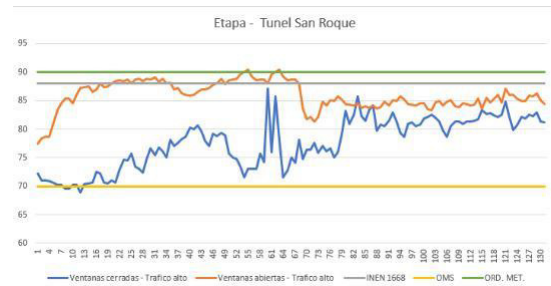
**Gráfico 10.** Medición en db en Etapa 2 – Intermedio

**Fuente:** Autores

Las mediciones son muy semejantes y se encuentran dentro de las normativas municipales sin considerar el estado de las ventanas, al ser de las mediciones más bajas en toda la trayectoria se encuentran más aproximadas a los niveles establecidos por la OMS (70 db).

#### 4.1.1.3 Etapa 3 – Túnel de San Roque.

En la etapa final se recorre el túnel de san Roque con una distancia de 456 m de longitud, en esta trayectoria existe un incremento nuevamente de decibeles, esto debido al reingreso al túnel y el ruido se caracteriza de esta manera en los lugares cerrados, con las ventanas abiertas los valores están en promedios altos de 90 db, en el límite con la ordenanza municipal y la normativa INEN 1668. Adicionalmente la curva mantiene un excedente de hasta 13 db a comparación de la misma prueba con los vidrios cerrados



**Gráfico 10.** Medición en db en Etapa 3 – Túnel de San Juan

**Fuente:** Autores

Según Inés Aragués en el "Estudio Acústico de acondicionamiento de un túnel". [28]

Explica como la longitud de un túnel y los materiales de construcción del mismo afectan al comportamiento del ruido interno, provocando un aumento o disminución de ondas sonoras al interior del mismo. Ocasionando estas lecturas características de incremento de db en las mediciones presentadas anteriormente.

Con los datos obtenidos en la valoración con tráfico alto, existe una clara diferencia al llevar todas las ventanas del bus abiertas. El ruido se vuelve más perceptible e incrementa hacia el interior de la cabina en valores de hasta en 13 db en algunos casos. Los datos máximos en la valoración de tráfico alto son picos de hasta 93 db producto de variables no controladas como algún claxon de un vehículo o la abertura de puertas al recoger pasajeros. Cabe mencionar que el promedio de medición la mayor parte del tiempo se encuentra en niveles altos, esto debido a que la insonorización dentro del bus es mínima y contribuyen al ingreso de ruido dentro de la cabina, aun así se encuentran la mayoría del tiempo dentro de los valores de la normativa INEN 1668, que únicamente especifica hasta 88 db como dato máximo dentro del vehículo.

#### 4.1.2 Valoración Diurna - Tráfico Leve

Para la obtención de datos empleamos los mismos parámetros y condiciones de la valoración con tráfico alto, por lo tanto, la diferencia radicó en el flujo vehicular al transitar por la ruta establecida.

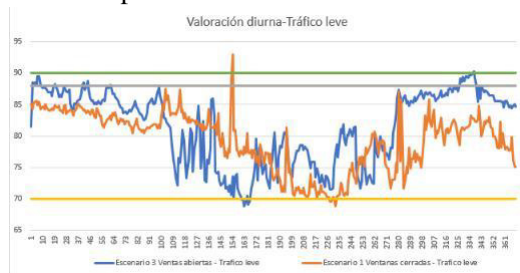
**Tabla 7:** Datos de entrada valoración Tráfico - Leve

Datos base de medición	DMQ
Altura m.s.n.m	2850m
Temperatura ambiente	(11-17) °C
Clima	Soleado - Nublado
Método	Doble medición por ruta/INEN 1668
Ruido ambiental base	(64 – 67) db
Radio	Siempre encendida

Puertas	Siempre cerradas
Ventanas	Todas Abiertas/Todas cerradas
Ponderación de frecuencia	(A)
Estándar de medición	NIOSH

**Fuente. :** Autores

Para el desarrollo de esta medición el flujo vehicular es leve además los escenarios de medición establecen que las ventanas del bus están siempre abiertas o siempre cerradas y el volumen del radio es de nivel moderado, la obtención de datos empieza en el túnel de San Juan que continúa hasta el sector de San Roque empleando un tiempo estimado de 3 a 4 minutos aproximadamente.



**Gráfico 10.** Medición de db en la trayectoria del túnel de San Juan

**Fuente.** Autores

Para interpretar los resultados de una manera más clara la prueba se segmenta en 3 etapas diferentes, dando como resultado lo siguiente:

##### 4.1.2.1 Etapa 1- Túnel de San Juan

La medición obtiene datos cuantitativos en los cuales se evidencia que todos los valores de las dos mediciones exceden los límites establecidos por la OMS, la medición más aproximada al parámetro establecido en la Ordenanza Municipal se evidencia en la muestra con ventanas abiertas donde se denota que solo un 12% excede los límites de la norma, con las ventanas abiertas los datos se mantienen cerca de los límites de la Ordenanza Metropolitana. En comparación al tráfico alto donde la media de medición son los 85 db y sus valores se mantienen dentro de ese rango, en el tráfico leve ocurre

lo contrario porque se determina que el 54.54% de los datos sobrepasan o se acercan de manera significativa al nivel establecido por la normativa INEN 1668. Esto ocurre debido a existe menos flujo vehicular y el tiempo en pasar la trayectoria es menor.

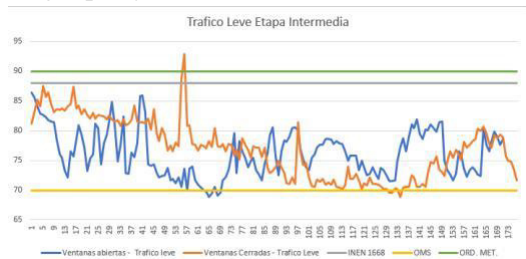


**Gráfico 11.** Valoración de db en la ruta seleccionada.

**Fuente.** Autores

#### 4.1.2.2 Etapa 2- Sector El Tejar

Conjuntamente las dos pruebas realizadas evidencian un descenso en los db esto a consecuencia que existe una parada del corredor sur occidental, además los valores de medición que incrementan o desciende de forma precipitada a consecuencia de fuentes externas independientes por características propias del sector, entre estas se puede mencionar la afluencia de personas, el flujo de vehículos o la actividad comercial. Es por ello que existe un pico que sobrepasa los 90 db el cual está asociado a fuentes externas como pitos de vehículos y abertura de puertas al cargar pasajeros



**Gráfico 12.** Medición de db en el sector de El Tejar

**Fuente.** Autores

#### 4.1.2.3 Etapa 3- Sector San Roque

Finalmente, en la tercera etapa los valores de db incrementan, es decir que después de pasar por la etapa 2 los buses tienden a

generar un recorrido con una velocidad constante generando datos de medición en promedio de 80 db lo cual estaría en rangos aceptables para la norma INEN 1668 pero evidenciando que las mediciones con tráfico leve siempre exceden en su totalidad a los límites establecidos por la OMS.



**Gráfico 13.** Medición de db en la trayectoria del túnel de San Roque

**Fuente.** Autores

## 5. CONCLUSIONES

Independientemente de la hora en la que se transite por la trayectoria estudiada, las mediciones son muy similares debido al comportamiento físico del ruido dentro de los túneles y al existir variables independientes, como: paradas de buses, claxon de vehículos y fuentes externas de ruido como motocicletas o vehículos con escape libre. Logran incrementar el ruido acústico percibido dentro de la cabina.

Posterior al análisis de datos, en las valoraciones consta como picos máximos los rangos entre 90 a 93 db, valores que están fuera de lo establecido en las normativas mencionadas dentro del estudio. Un excedente de hasta 25% sobre los valores recomendados por la OMS y hasta un 5 % sobre la ordenanza municipal y la norma INEN 1668. Valores que de manera repetitiva según la OMS pueden ocasionar afectaciones a la salud de los ocupantes.

Se demostró un incremento de ruido ambiental de hasta un 25% al ingresar a los túneles con las ventanas totalmente abiertas, y un incremento de hasta el 12% al ingresar con todas las ventanas cerradas, esto debido al comportamiento del ruido y la longitud de

la trayectoria dentro de los túneles a comparación de los datos obtenidos fuera de ellos en la misma trayectoria.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

[1 Instituto Nacional de Estadística y Censos, ] «Censo,» INEC, Quito, 2010.

[2 Quito, Secretaria de Movilidad, ] «Diagnostico de la movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito para el plan metropolitano de desarrollo territorial,» Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Quito, 2014.

[3 IDQ, «Instituto de la ciudad,» 26 Marzo ] 2018. [En línea]. Available: <https://www.institutodelaciudad.com.ec/coyuntura-sicoms/191-la-movilidad-urbana-en-el-centro-historico-de-quito-5-14.html>.

[4 EFE, «Agencia EFE,» 10 10 2018. [En ] línea]. Available: <https://www.efe.com/efe/espana/sociedad/las-oms-recomienda-limites-a-exposicion-al-ruido-por-su-impacto-en-salud/10004-3776158>. [Último acceso: 29 10 20].

[5 W. H. Organization, «Euro WHO web site,» ] 2018. [En línea]. Available: [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf). [Último acceso: 30 Octubre 2020].

[6 S. d. M. d. D. M. d. Quito, «Municipio del Distrito Metropolitano de Quito Web site,» 24 Enero 2019. [En línea]. Available: [http://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Circulares/2019/019-INSUMOS%20PROYECTO%20ORD.%20ESTRUCTURA%20TARIFARIA-SISTEMA%20TRANSPORTE%20PUBLICO/ANEXO.pdf](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Circulares/2019/019-INSUMOS%20PROYECTO%20ORD.%20ESTRUCTURA%20TARIFARIA-SISTEMA%20TRANSPORTE%20PUBLICO/ANEXO.pdf). [Último acceso: 21 Octubre 2020].

[7 A. J. H. Mena, «Estudio sobre el impacto acustico de la contaminacion acustica en el centro historico de Quito,» p. 121, 2010.

[8 O. d. S. y. M. A. d. Andalucía, «OSMAN web site,» 7 Julio 2016. [En línea]. Available: [http://abogadoruido.es/wp-](http://abogadoruido.es/wp-content/uploads/2012/11/OSMAN_Andalucia_Guia_soroll-i-salut-.pdf)

[content/uploads/2012/11/OSMAN\\_Andalucia\\_Guia\\_soroll-i-salut-.pdf](http://abogadoruido.es/wp-content/uploads/2012/11/OSMAN_Andalucia_Guia_soroll-i-salut-.pdf). [Último acceso: 26 Octubre 2020].

[9 R. M. Vázquez y A. B. Pila, «UDLA dspace,» 2017. [En línea]. Available: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7378>. [Último acceso: 5 Noviembre 2020].

[1 K. E. Młyński R, *Assessment of the audibility area of auditory danger*, 2015.

[1 J. Alonso, *Discriminacion del estado de la carretera mediante procesado acustico en vehiculo. Tesis doctoral*, Madrid, 2014.

[1 M. A. Ruiz, «Journal of negative and positive results,» 24 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <http://scielo.isciii.es/pdf/jonnpr/v5n5/2529-850X-jonnpr-5-05-535.pdf>. [Último acceso: 11 Noviembre 2020].

[1 M. d. Ambiente, «CELEC web site,» 13 3] Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155123.pdf>. [Último acceso: 11 Noviembre 2020].

[1 J. M. Llorente, «Contaminacion Acustica y 4] Ruido,» España, Ecologistas en Acción, 2015.

[1 Centro de estudio de transporte CEDEX, 5] *Evaluacion del ruido de rodadura en carreteras*, España, 2006.

[1 A. R. Martin, «Efectos del ruido urbanos 6] sobre la salud: Estudio de analisis de series temporales realizados en Madrid,» p. 40, 2016.

[1 G. Masabanda, «UDLA dspace,» 2011. [En 7] línea]. Available: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2766/8/UDLA-EC-TISA-2011-01.pdf>. [Último acceso: 29 Noviembre 2020].

[1 S. Carlos, «Universidad Politecnica de 8] Valencia Repositorio,» 04 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18464/memoria.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 11 Noviembre 2020].

- [1 GA, «Ehu Website,» Curso de Acústica
- 9] GA, 2003. [En línea]. Available:  
<http://www.ehu.eus/acustica/espanol/ruido/aiaces/aiaces.html>. [Último acceso: 29  
Noviembre 2020].
- [2 I. E. d. Normalización, «INEN web site,» 1  
0] Diciembre 2010. [En línea]. Available:  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2205-2.pdf>. [Último acceso: 1  
Noviembre 2020].
- [2 S. E. d. Normalización, «Gobierno Ecuador  
1] Normalización,» 1 Marzo 2015. [En línea].  
Available:  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1668-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1668-1.pdf). [Último  
acceso: 11 Noviembre 2020].
- [2 I. E. d. Normalización, «INEN web site,» 1  
2] Enero 2014. [En línea]. Available:  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_11654.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_11654.pdf). [Último  
acceso: 19 Noviembre 2020].
- [2 Á. Morales, «ESPOCH dspace,» 9 Febrero  
3] 2010. [En línea]. Available:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1443/1/85T00159.pdf>. [Último  
acceso: 19 Noviembre 2020].
- [2 M. L. A. Alvarez, «Validacion del mapa de  
4] ruido de trafico de la zona urbana del  
DMQ,» 2018.
- [2 I. E. d. Normalizacion, *INEN 2656*, Quito,  
5] 2012.
- [2 Impormel, «Mercado Libre Ecuador Web  
6] site,» Noviembre 2020. [En línea].  
Available:  
[https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427954210-sonometro-digital-medidor-sonido-usb-pc-decibelios-impormel-\\_JM#position=12&type=item&tracking\\_id=675c1176-cfac-4a49-99ac-9fa243f99c40](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427954210-sonometro-digital-medidor-sonido-usb-pc-decibelios-impormel-_JM#position=12&type=item&tracking_id=675c1176-cfac-4a49-99ac-9fa243f99c40).  
[Último acceso: 29 Noviembre 2020].
- [2 C. Fernando, «Revista espacios,» 02  
7] Febrero 2018. [En línea]. Available:  
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n19/a18v39n19p01.pdf>. [Último acceso: 25  
Enero 2021].
- [2 I. A. D. CORRAL, «Estudio Acustico de  
8] Acondicionamiento del tunel de la  
alcazaba,» Malaga, 2015.

## 7. ANEXOS

### Anexo [1]

Instituto Nacional de Estadística y Censo, INEC

**POBLACIÓN Y  
HOGARES**

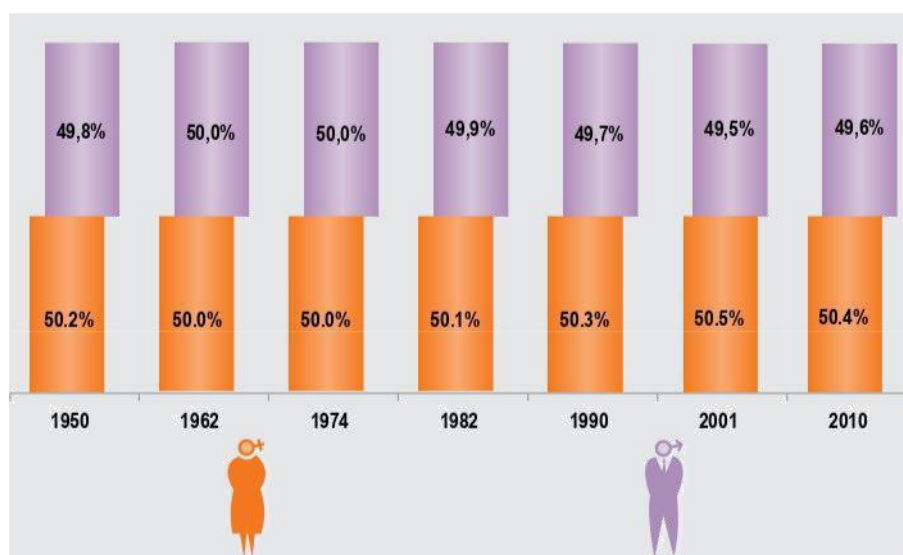


## POBLACIÓN Y HOGARES

### POBLACIÓN POR ÁREA GEOGRÁFICA

Año	Mujeres		Hombres		Índice de feminidad
	Número	%	Número	%	
<b>1950</b>	<b>1.607.954</b>	<b>50,2%</b>	<b>1.594.803</b>	<b>49,8%</b>	<b>100,8%</b>
Urbana	479.462	52,5%	434.470	47,5%	110,4%
Rural	1.128.492	49,3%	1.160.333	50,7%	97,3%
<b>1962</b>	<b>2.239.521</b>	<b>50,0%</b>	<b>2.236.476</b>	<b>50,0%</b>	<b>100,1%</b>
Urbana	840.862	52,2%	771.484	47,8%	109,0%
Rural	1.398.659	48,8%	1.464.992	51,2%	95,5%
<b>1974</b>	<b>3.263.297</b>	<b>50,0%</b>	<b>3.258.413</b>	<b>50,0%</b>	<b>100,1%</b>
Urbana	1.403.341	52,0%	1.295.381	48,0%	108,3%
Rural	1.859.956	48,7%	1.963.032	51,3%	94,7%
<b>1982</b>	<b>4.039.678</b>	<b>50,1%</b>	<b>4.021.034</b>	<b>49,9%</b>	<b>100,5%</b>
Urbana	2.039.912	51,4%	1.928.450	48,6%	105,8%
Rural	1.999.766	48,9%	2.092.584	51,1%	95,6%
<b>1990</b>	<b>4.851.777</b>	<b>50,3%</b>	<b>4.796.412</b>	<b>49,7%</b>	<b>101,2%</b>
Urbana	2.748.751	51,4%	2.597.107	48,6%	105,8%
Rural	2.103.026	48,9%	2.199.305	51,1%	95,6%
<b>2001</b>	<b>6.138.255</b>	<b>50,5%</b>	<b>6.018.353</b>	<b>49,5%</b>	<b>102,0%</b>
Urbana	3.805.393	51,2%	3.625.962	48,8%	104,9%
Rural	2.332.862	49,4%	2.392.391	50,6%	97,5%
<b>2010</b>	<b>7.305.816</b>	<b>50,4%</b>	<b>7.177.683</b>	<b>49,6%</b>	<b>101,8%</b>
Urbana	4.639.352	51,0%	4.451.434	49,0%	104,2%
Rural	2.666.464	49,4%	2.726.249	50,6%	97,8%

Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010



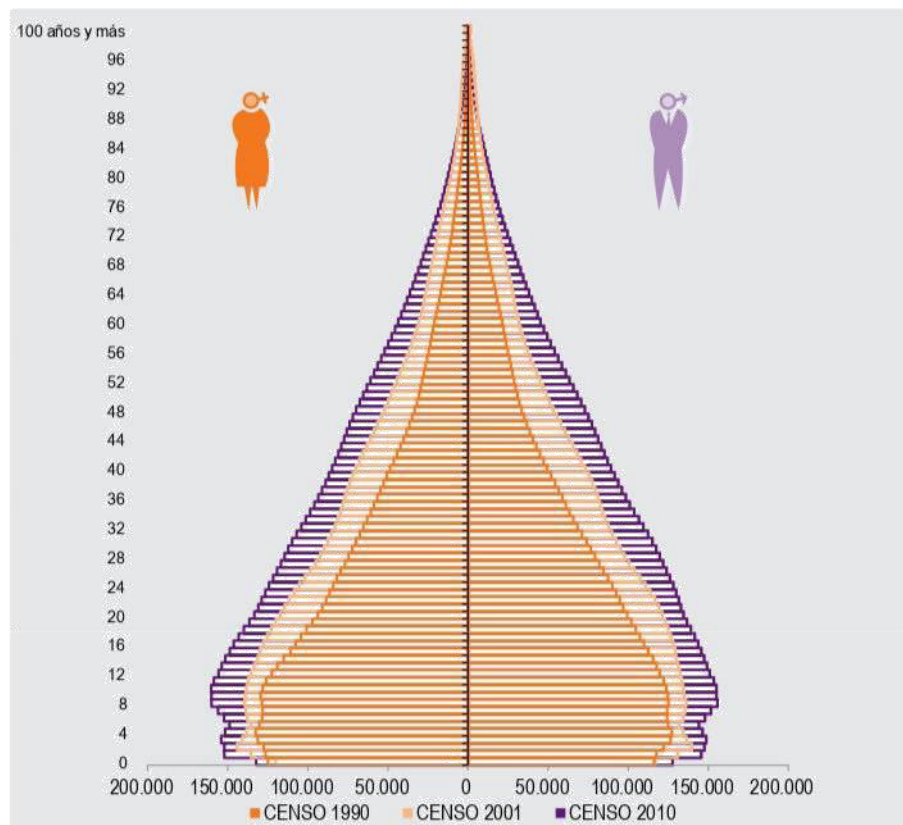


## Mujeres y Hombres del Ecuador en cifras III

### POBLACIÓN POR GRANDES GRUPOS DE EDAD

Año Censal	Mujeres		Hombres		Total
	Número	%	Número	%	
<b>1990</b>	<b>4.851.777</b>	<b>50,3%</b>	4.796.412	<b>49,7%</b>	<b>9.648.189</b>
0 a 14 años	1.833.735	49,0%	1.905.489	51,0%	3.739.224
15 a 64 años	2.800.669	51,0%	2.690.113	49,0%	5.490.782
65 años y más	217.373	52,0%	200.810	48,0%	418.183
<b>2001</b>	<b>6.138.255</b>	<b>50,5%</b>	<b>6.018.353</b>	<b>49,5%</b>	<b>12.156.608</b>
0 a 14 años	1.993.050	49,3%	2.046.970	50,7%	4.040.020
15 a 64 años	3.720.270	50,9%	3.582.694	49,1%	7.302.964
65 años y más	424.935	52,2%	388.689	47,8%	813.624
<b>2010</b>	<b>7.305.816</b>	<b>50,4%</b>	<b>7.177.683</b>	<b>49,6%</b>	<b>14.483.499</b>
0 a 14 años	2.227.253	55,1%	2.301.172	57,0%	4.040.020
15 a 64 años	4.583.512	62,8%	4.430.657	60,7%	7.302.964
65 años y más	495.051	60,8%	445.854	54,8%	813.624

Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 1990, 2001, 2010



## Anexo [2]

### Secretaría de Movilidad del DMQ Diagnostico de la movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito para el plan metropolitano de desarrollo territorial

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito  
Diagnóstico Estratégico - Eje Movilidad

## 1. Antecedentes

La movilidad es uno de los aspectos fundamentales de la vida y desarrollo de los conglomerados urbanos que conlleva grandes complejidades y acarrea un sinnúmero de problemas sociales, económicos y ambientales que afectan la funcionalidad y en general el convivir de sus ciudadanos. Las soluciones definitivas están lejos de ser encontradas como fórmulas estándar de aplicación, por lo que son motivo de estudios y experimentaciones en todo el mundo. Para los gobiernos y de manera especial para las municipalidades, la movilidad se ha constituido en uno de los ejes de mayor preocupación por resolver, pues su situación es percibida de manera muy sensible por parte de los ciudadanos y los diferentes sectores sociales, profesionales y productivos, quienes exigen soluciones siempre inmediatas.

En ese contexto, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito ha venido desarrollando de manera continua una planificación que, en términos generales durante los últimos 20 años, ha mantenido vigentes los principios, políticas y objetivos generales, las cuales se han consignado en varios documentos de referencia como el Plan Maestro de Transporte y Vialidad del 2002 y el Plan Maestro de Movilidad del 2009, los Planes Estratégicos de las diferentes administraciones municipales, los cuales han sido las guías para el desarrollo e implementación de los programas, proyectos y acciones en este ámbito.

De otra parte, la movilidad es una actividad urbana que está directamente ligada con el desarrollo del territorio y por ende de su planificación, por lo que ésta debe vincularse como un componente esencial, que responda y a la vez influya, la formulación de su herramienta fundamental: los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. En tal sentido, el diagnóstico de la situación actual de la movilidad metropolitana coadyuvará a las definiciones de dichos Planes y su recíproca retroalimentación.

## 2. La situación actual de la movilidad metropolitana

### 2.1. Situación general

El Distrito Metropolitano de Quito con una población de 2'239.191 habitantes<sup>1</sup>, genera un total global de 4'600.000 viajes<sup>2</sup> (5'300.000 etapas<sup>3</sup>), los cuales se distribuyen en los distintos modos de transporte, sean motorizados o no motorizados y en sus distintas clasificaciones. Estos datos se detallan en la tabla No. 1 y 2, así como en las figuras No. 1 y No. 2, en las que se demuestran que el modo preferencial de desplazamiento de los habitantes en el Distrito es el transporte público, que en términos generales representa el 61,5% y con relación a los modos motorizados el 73%.

<sup>1</sup> Censo del 2010, INEC.

<sup>2</sup> Viaje es el desplazamiento realizado de un origen a un destino y un motivo específicos, que en el presente caso, se le asigna un modo de transporte utilizado en la mayoría de su trayecto.

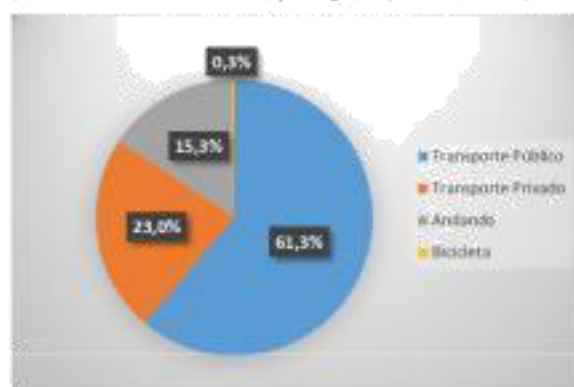
<sup>3</sup> Etapa es el desplazamiento en cada uno de los trayectos de un mismo viaje, realizados en vehículos (de transporte público o privado) diferentes.

**Tabla No. 1**  
Número de viajes en los diferentes modos de transporte proyectados al 2014

Motorizado	Transporte Público <sup>4</sup>	2.800.000	61,3%
	Transporte Privado <sup>5</sup>	1.050.000	23,0%
No Motorizados	Peatonal	700.000	15,3%
	Bicicleta	15.000	0,3%
		4.565.000	100,0%

Elaboración Propia. Fuente: Estudio de movilidad - proyecto Metro de Quito - 2011

**Figura No. 1**  
Proporción de la distribución modal de viajes desglosada por modos de transporte - 2014



Elaboración Propia. Fuente: Estudio de movilidad - proyecto Metro de Quito - 2011

**Tabla No. 2**  
Número de viajes en los diferentes modos de transporte proyectados al 2011

Motorizado	Transporte Público <sup>6</sup>	2.800.000	72,7%
	Transporte Privado <sup>7</sup>	1.050.000	27,3%
		3.850.000	100%

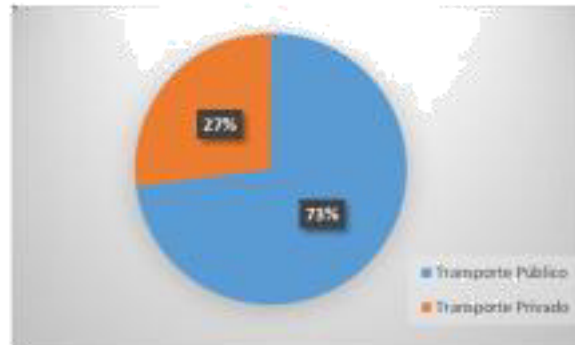
<sup>4</sup> Incluye el transporte escolar e institucional.

<sup>5</sup> Incluye el servicio de taxi.

<sup>6</sup> Incluye el transporte escolar e institucional.

<sup>7</sup> Incluye el servicio de taxi.

**Figura No. 2**  
Distribución modal de viajes desglosada por modos de transporte - 2014

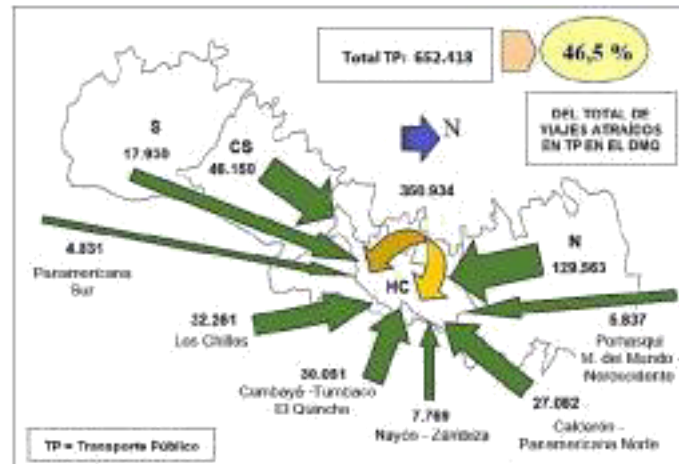


Elaboración Propia. Fuente: Estudio de movilidad - proyecto Metro de Quito - 2011

El Hipercentro de Quito<sup>9</sup>, que es la zona donde se concentra la mayor cantidad de equipamientos urbanos públicos y privados, así como fuentes de trabajo, es la que mayor atracción de viajes genera en el DMQ. En las figuras No. 3 y 4, se indica el número de viajes que se realizan hacia el Hipercentro, en donde se indica que el 46,5% del total de viajes atraídos en transporte público en el DMQ se realizan hacia esta zona; así como también el 60% de los viajes atraídos en transporte privado; y de todos estos, más de la mitad se originan dentro de la misma zona.

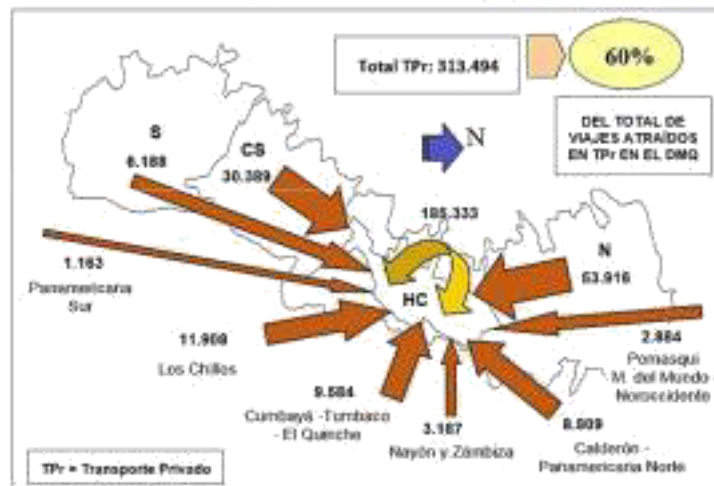
**Figura No. 3**  
Número de viajes por día atraídos en transporte público - 2014

<sup>9</sup> El Hipercentro es la zona delimitada por: Al sur: Calle Ambato; al oeste: Av. América-calle Imbabura; al norte: Av. El Inca; al este: Av. 6 de Diciembre - Av. 12 de Octubre - Av. Gran Colombia. Fuente: Secretaría de Movilidad.



Elaboración Propia. Fuente: Estudio de movilidad - proyecto Metro de Quito - 2011

Figura No. 4  
 Número de viajes por día atraídos en transporte privado - 2014



Elaboración Propia. Fuente: Proyección del Estudio de movilidad - proyecto Metro de Quito - 2011

Esta situación corrobora las difíciles condiciones de tráfico que se presentan en esta zona y en su acceso/salida.

En ese mismo contexto, la ocupación del espacio vial (calzadas y/o carriles de circulación) tiene una distribución totalmente inversa para los modos de transporte motorizado; mientras que los vehículos de transporte público ocupan el 30% del espacio vial, el

## Anexo [3]

IDQ, Instituto de la ciudad de Quito.

19/5/2021

Movilidad humana y residencia en el Centro Histórico de Quito (4/14)



[Inicio](#) [Investigaciones](#) [Publicaciones](#) [Información Estadística](#) [Becas](#)  
[Talleres y Conversatorios](#) [Noticias](#) [COMPLEX-CITY](#) [Convenios](#)  
[Sicoms](#) [Videos y Fotos](#) [Transparencia](#) [Rendición de Cuentas](#)

# MOVILIDAD HUMANA Y RESIDENCIA EN EL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO (4/14)

## Introducción

La diversidad social y cultural es una de las principales características del Centro Histórico de Quito (CHQ). Entre los factores que refuerzan esta condición se encuentra el tratarse de un espacio donde converge población que proviene de diferentes provincias y regiones del país y, en la actualidad, aunque en menor medida, de otros países. Este aspecto evidencia que el CHQ mantiene su condición de polo de atracción migratoria, que lo ha caracterizado históricamente, condición que hoy se ve reforzada con la posición de Quito como ciudad-región con las oportunidades, potencialidades y problemáticas que presenta el desarrollo de este tipo de conformaciones urbanas. (Boisier, 2006).

Este análisis busca indagar en el presente y en la historia de la movilidad humana hacia el CHQ, a través de diferentes fuentes bibliográficas: el Censo Nacional de Población y Vivienda (INEC, 2010) y los resultados de la aplicación de la Encuesta Multipropósito realizada por el Instituto de la Ciudad durante el 2016 (ICQ, 2016). Examina esta temática tomando en cuenta aspectos como; el marco histórico en el que se ha desarrollado la migración hacia el CHQ; la procedencia actual de sus habitantes, la localización residencial de estos pobladores, así como la existencia de vivienda temporal en las cuatro zonas tipológicas establecidas para el desarrollo de la Encuesta Multipropósito en el CHQ.<sup>[1]</sup>



Fotografía: EL COMERCIO

## Breve contextualización histórica

En su aspecto histórico, la movilidad humana hacia el CHQ puede observarse en diferentes etapas y a través de diversos enfoques, de los cuales citamos tres (histórico-poblacional, histórico-urbanístico y socioeconómico) los cuales aportan al entendimiento de esta problemática:



1) Enfoque histórico-poblacional: la historia del crecimiento poblacional y urbanístico de Quito registra un incremento demográfico considerable debido a la migración interna y se torna representativo a partir de inicios del siglo XX; es decir, en el período en el que Quito inaugura una etapa de modernización que tiene entre sus principales motivos la llegada del ferrocarril en el año 1908, y sus desarrollos posteriores, caracterizado como un "[...] ensanchamiento y enlazamiento del mercado urbano capitalino con el resto del espacio nacional." (Bustos, 1992: 167-168). En este contexto la capital intensifica su condición de foco de atracción para poblaciones de las provincias y los sectores rurales: si en 1908 la población de Quito es de 51.858 habitantes en 1950 es de 209.932 (Bustos, 1992).



Calle Espejo 1920

2) Enfoque histórico-urbanístico: el crecimiento de la ciudad vía migración interna se articula a modificaciones socioculturales, económicas y políticas; en un primer momento se produce en el ámbito de la ciudad concéntrica (área que hoy se conoce como Centro Histórico). La expansión demográfica derivará hacia un cambio de modelo urbanístico, se aprecia "la transformación desde la ciudad concéntrica hacia una ciudad lineal [...]: una operación constructivista funcional, vinculada a necesidades de expansión de distritos industriales, o de ocupación residencial. Una lógica que se da como fuga o alejamiento del centro, que pretende escapar de la matriz étnica que la constituye: la ciudad indígena primero, la ciudad colonial después, la ciudad multicultural de las migraciones crecientes después." En la actualidad este patrón de desarrollo urbanístico se refuerza y cambia hacia una modalidad dispersa, como fuga respecto de las externalidades negativas propias del desarrollo lineal (Echeverría, 2014: 37-38).

3) Enfoque socioeconómico: la representatividad del CHQ como espacio de acogida de migración interna se mantiene hasta las últimas décadas del siglo XX. De los años 1950 a los años 1980 diferentes barrios del CHQ se convierten en vivienda de migrantes definitivos o en dormitorio de migrantes temporales. En las últimas décadas del siglo XX, el factor socioeconómico articulado al deterioro de las condiciones del trabajo en el campo, se constituye en un componente que provoca una des-ruralización y una urbanización acelerada en diferentes zonas del país (Rodríguez, 1990). En este marco "se debe resaltar lo que ocurre con la ciudad de Quito, donde [...] más del 50% de toda su población ocupada, está compuesta por migrantes que provienen de las provincias de la Sierra Centro y Norte." (Rodríguez, 1990: 93).

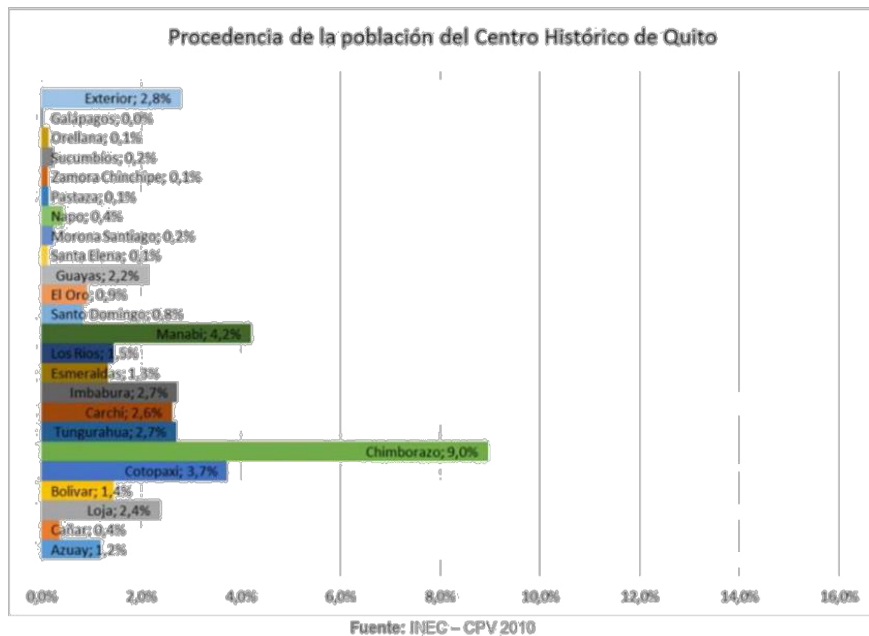
En la actualidad el CHQ es uno de los puntos de la ciudad que concentra a población de diferentes zonas del país; aunque, como se verá más adelante, la representatividad de migrantes por regiones del Ecuador se haya modificado si se compara con períodos anteriores. En el presente la heterogeneidad social del CHQ es uno de los componentes socioculturales más importantes del Distrito Metropolitano de Quito, y una característica que conlleva importantes implicaciones económicas y políticas. A esta diversidad hoy se suma la presencia de migración internacional en el CHQ, como se podrá observar en los resultados de la Encuesta Multipropósito del DMQ (ICQ-2016).



Quitoinforma.gob.ec

#### Movilidad humana y procedencia de la población del CHQ

El Censo Nacional de Población y Vivienda (INEC, 2010) registra para los sectores tipológicos que componen el CHQ, y en los que se basa este estudio (Núcleo Central, Zona Envolvente Occidental, Zona Envolvente Oriental, y Eje 24 de Mayo), un total de 49.384 habitantes.<sup>[2]</sup> La mayoría de estos residentes proviene de la provincia de Pichincha (58,8%), sin embargo otra parte de esta población (41,2%) procede de las diferentes provincias del país y del exterior. Las tres provincias que más aportan a la población del CHQ son, después de Pichincha; Chimborazo con 9,0%, Manabí con 4,2% y Cotopaxi con 3,7% del total de habitantes. A estas provincias les siguen Tungurahua e Imbabura con 2,7% cada una, y los habitantes que provienen de otros países con 2,8%.





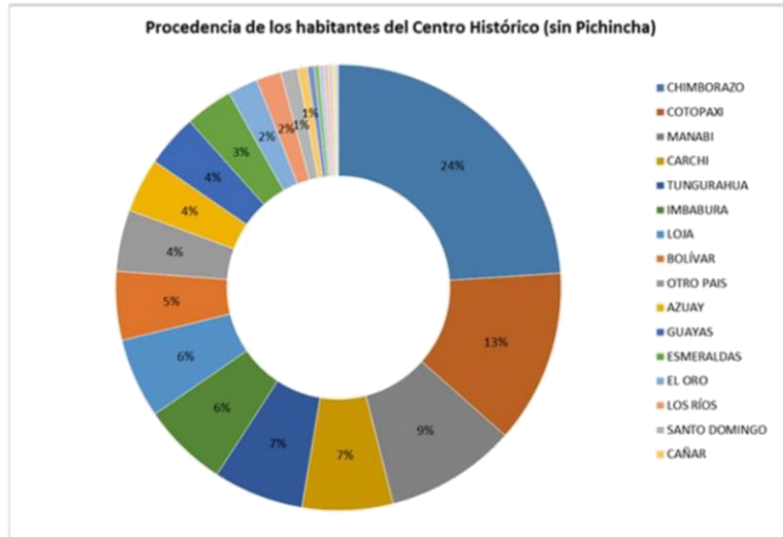
De igual manera, si se observa la procedencia de los habitantes del CHQ por regiones se encuentra que, según los resultados del CNPV (INEC, 2010), las zonas del país que aportan mayor cantidad de población a este sector de la ciudad son, además de Pichincha (58,8%),<sup>[3]</sup> la Sierra centro con el 16,8% y la Costa norte con el 7,8% del total de la población; a estas regiones sigue la Sierra norte con el 5,3% del total de habitantes del CHQ. Con relación a periodos anteriores, la Costa norte se ubica en la actualidad en los primeros lugares de la cuota poblacional derivada de la presencia de migrantes internos en el CHQ, primeros lugares que hasta inicios de los años 1990 estaban representados por la Sierra centro y norte del país, aunque a nivel de toda la ciudad de Quito (Rodríguez, 1990).



Metroecuador.com

Por su parte, los resultados de la Encuesta Multipropósito del DMQ 2016 muestran que de 6240 miembros de familia que habitan actualmente en el CHQ, el 66,23% proviene de la provincia de Pichincha, mientras que el 32,19 % procede de las demás provincias del país, y el 1,51% del exterior. Le siguen a Pichincha en los primeros lugares de procedencia de estos encuestados las provincias de Chimborazo: 8,09%, Cotopaxi: 4,25% y Manabí: 3,21%.

La heterogeneidad de orígenes de la población en el CHQ y su peso social, cultural y económico puede captarse de mejor manera si exceptuamos de este cálculo porcentual a Pichincha. A través de esta operación se encuentra en los primeros lugares de procedencia de los habitantes del CHQ a Chimborazo con el 24%, Cotopaxi con el 13% y Manabí con el 9%.



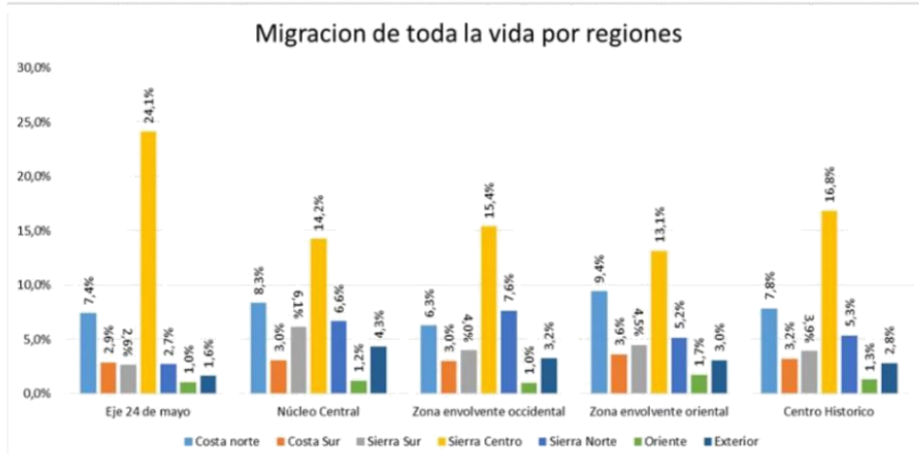
Fuente: Encuesta Multipropósito del DMQ 2016

Elaboración: Instituto de la Ciudad

Sobre la base de la información expuesta se puede concluir que el CHQ mantiene su rol histórico de polo de atracción de migración interna, y en el presente se configura también como un eje aglutinador de migración internacional. Aproximadamente el 41% del total de la población del CHQ (INEC, 2010), y el 33,7% del total de habitantes que fueron encuestados, provienen de fuera de la provincia de Pichincha.

**Movilidad humana y zonas de residencia en el CHQ**

De acuerdo con los resultados del CNPV (INEC, 2010) respecto a la localización de los residentes del CHQ que proceden de las tres regiones del país que aportan la mayor proporción de población a este sector, después de Pichincha,<sup>[4]</sup> se encuentra que muchos de los moradores del CHQ procedentes de la Sierra centro, habitan en el Eje 24 de Mayo (38,3% de los procedentes de la Sierra centro, lo que equivale al 24,1% del total de la población del Eje); que buena parte de los habitantes provenientes de la Costa norte ocupan la Zona Envoltente Oriental (44,0 % de los procedentes de la Costa norte, lo que equivale al 9,4% del total de la población de la Zona); y que una importante proporción de los pobladores cuyo origen es la Sierra norte viven en la Zona Envoltente Occidental (43,8 % de los procedentes de la Sierra norte, lo que equivale al 7,6% del total de la población de la Zona).





**Vivienda Temporal**

La existencia de vivienda temporal fuera de Quito es otro de los elementos que aportan a la comprensión de la movilidad humana relativa al CHQ. Así, la Encuesta Multipropósito muestra que el 8,5% de 1968 hogares encuestados del CHQ mantiene una vivienda temporal ubicada fuera de Quito, en tanto que la gran mayoría (91,5%) corresponde a vivienda permanente en el CHQ. La Zona que cuenta con un mayor porcentaje de hogares con residencia temporal fuera de la capital es la Envoyante Occidental con un 10,8% de hogares encuestados de este tipo.<sup>[6]</sup>

**% de hogares con residencia temporal**

	1 Sí	2 No
Eje 24 de Mayo	8,1%	91,9%
Núcleo Central	8,5%	91,5%
Zona Envoyante Occidental	10,8%	89,4%
Zona Envoyante Oriental	7,1%	92,9%
Centro Histórico	8,8%	91,5%

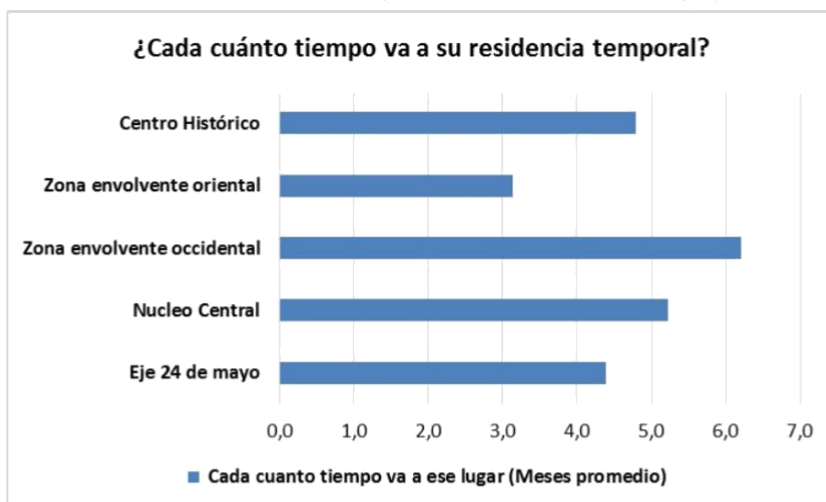
**Fuente:** Encuesta Multipropósito del DMQ 2016

**Elaboración:** Instituto de la Ciudad

De igual manera, la Encuesta Multipropósito del DMQ (ICQ, 2016) permite observar que los hogares del CHQ con residencia temporal fuera de Quito, se dirigen a su vivienda estacional cada 4,8 meses (promedio), y que el tiempo de permanencia en esos sitios es de 11,83 días (promedio).



Óscar La Herra



Fuente: Encuesta Multipropósito del DMQ 2016  
Elaboración: Instituto de la Ciudad



Fuente: Encuesta Multipropósito del DMQ 2016  
Elaboración: Instituto de la Ciudad

### Conclusiones

Los resultados del CNPV (INEC, 2010) y de la Encuesta Multipropósito del DMQ (ICQ, 2016) muestran que en el CHQ reside una población procedente de las diferentes provincias y regiones del país, aunque en la actualidad también de otros países. Esta información permite observar que la mayoría de los residentes del CHQ proviene de Pichincha; no obstante, un poco menos de la mitad de la población del CHQ procede de fuera de esta provincia. Las tres provincias que aportan con mayores porcentajes a la



población del CHQ son, después de Pichincha: Chimborazo, Cotopaxi y Manabí; en tanto que las regiones del país que presentan una mayor cantidad de residentes en el CHQ son, después de Pichincha y en el orden que sigue: la Sierra centro, la Costa norte y la Sierra norte.

A esto hay que añadir que muchos de los moradores del CHQ provenientes de la Sierra centro habitan en el Eje 24 de Mayo, en tanto que buena parte de los habitantes provenientes de la Costa norte residen en la Zona Envolverte Oriental, y que un importante porcentaje de los pobladores cuyo origen es la Sierra norte viven en la Zona Envolverte Occidental. Por otro lado, la existencia de hogares con vivienda temporal fuera de Quito es un aspecto que se hace presente en el CHQ, aunque en menos proporciones.

La calidad de vida de las mujeres y los hombres migrantes que habitan el CHQ depende de variables como: el tiempo de permanencia en Quito, el sector en el que residen (en tanto que las Zonas de estudio del CHQ muestran diferentes grados de atención relativos al estado de la vivienda, de los espacios públicos, de los servicios de salud y educación, de la seguridad, etc.), el tipo de trabajo que realizan y su situación como trabajadores por cuenta propia o como dependientes, el nivel de ingresos que logran generar, etc. [7] En este sentido, la condición migratoria es un elemento que merece especial atención por parte de la política pública dirigida al CHQ, más aún cuando las circunstancias socioeconómicas actuales del país hacen que Quito y su centro histórico mantengan su categoría de importantes espacios de acogida para la movilidad humana interna, y ahora también internacional.

#### Bibliografía

- Boisier, Sergio (2006) "Algunas reflexiones para aproximarse al concepto de ciudad-región", en Estudios Sociales, vol. 15, núm. 28, México, Coordinación de Desarrollo Regional.
- Bustos, Guillermo (1992) "Quito en la transición: actores colectivos e identidades culturales urbanas (1920-1950)" en Enfoques y estudios históricos. Quito a través de la historia, Quito, Municipio de Quito/Junta de Andalucía.
- Echeverría Julio, (2014) "Concepto y política de Quito en el siglo XXI", en Revista Questiones Urbano Regionales, ICQ, Vol. 2, N. 3.
- Rodríguez, Nelson (1990). "Migración a la ciudad y mercado laboral", en CHQ de Quito. Sociedad y espacio urbano, Quito, Municipio de Quito/Junta de Andalucía.

[1] Se hace referencia a: Zona Envolverte Oriental, Zona Envolverte Occidental, Núcleo Central, y Eje 24 de Mayo.

[2] Delimitación del CH de Quito establecida en el Plan Especial del Centro Histórico, 2003.

[3] Para fines de análisis Pichincha ha sido contabilizada como una región.

[4] Para fines de análisis Pichincha se ha contabilizado como una región.

[5] Por fines de análisis se exceptúa de este cálculo a Pichincha.

[6] Esta información contiene a los encuestados del CHQ procedentes de las diferentes provincias del país (incluida Pichincha) y del extranjero.

[7] Tema que será tratado en otras entregas de esta serie de artículos referidos a los resultados de la Encuesta Multipropósito del DMQ (ICQ, 2016).

Me gusta 0    Compartir    Twittear    Compartir

#### Detalles

Categoría: Sistema de Información sobre Coyuntura Macroeconómica y Social - Coyuntura

Publicado: 05 Marzo 2018

#### Contactos

García Moreno N2-57 y Sucre Edificio del Antiguo Hogar  
Xavier  
Quito Pichincha 170401 Ecuador  
Teléfono: 3952-300 ext 18006  
Código Postal: 170401



## Anexo [4]

Agencia EFE, Edición España, Recomendaciones de la OMS.

19/5/2021

La OMS recomienda límites a exposición al ruido por su impacto en la salud | Sociedad | Agencia EFE

Edición España ► Sociedad ►

SALUD RUIDO

### La OMS recomienda límites a exposición al ruido por su impacto en la salud

EFE | Berlín | 10 oct. 2018



Estado del tráfico en la Nacional I, carretera de Burgos, durante la operación salida de este verano en las carreteras españolas.  
EFE/Archivo

f t in ↻ Menéame

La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó hoy una serie de recomendaciones para limitar la exposición de las personas al ruido procedente del tráfico de vehículos, trenes, aviones, turbinas eólicas y conciertos musicales.

En un informe destinado a emitir recomendaciones para los Gobiernos europeos, la OMS considera que el ruido "es uno de los principales riesgos tanto para la salud mental como la física y el bienestar".

"La contaminación por ruido en nuestras ciudades está aumentando y perjudicando las vidas de muchos ciudadanos europeos. Más que algo molesto, el ruido excesivo es un riesgo para la salud que contribuye por ejemplo a las enfermedades cardiovasculares", según un comunicado de la Organización.

Las recomendaciones fijan niveles que no se deberían exceder para minimizar el impacto sobre la salud derivado de la exposición de los humanos al ruido según diferentes fuentes de emisión.

Así, en el tráfico de vehículos se recomienda limitar la exposición a su ruido a 53 decibelios, puesto que "por encima de ese nivel se asocia con efectos adversos para la salud".

Ese umbral máximo se debería situar en los 45 decibelios en horario nocturno y la OMS sugiere que en algunos casos se deberían aplicar "cambios en infraestructuras" para reducir la exposición al ruido del tráfico de vehículos en ciertas áreas.

En cuanto al ruido procedente del tráfico ferroviario, el informe recomienda un nivel máximo de 54 decibelios durante el día, que debería reducirse hasta los 44 en el horario nocturno.

19/5/2021

La OMS recomienda límites a exposición al ruido por su impacto en la salud | Sociedad | Agencia EFE

El límite a la exposición del ruido procedente del tráfico aéreo lo sitúa la OMS en 45 decibelios; durante la noche debería no ser superior a los 40.

El procedente de las turbinas eólicas debería limitarse a los 45 decibelios y la OMS no establece recomendaciones para las horas nocturnas porque considera que no todavía hay evidencias suficientes para fijar límites.

La exposición media anual al ruido procedente de las actividades vinculadas al tiempo libre -espectáculos deportivos, conciertos o música en bares o procedente de dispositivos electrónicos o digitales personales- la sitúa la OMS en 70 decibelios durante un período de 24 horas.

Los autores del informe advierten del riesgo de sufrir trastornos en su capacidad auditiva al que están expuestos los usuarios de dispositivos sonoros personales.

Sin embargo, reconocen que no existen pruebas suficientes para sugerir un tipo u otro de intervención para limitar ese riesgo.



Anexo [5]

WHO, Environmental Noise Guidelines. Pag 6 -



ENVIRONMENTAL  
**NOISE**  
GUIDELINES  
for the European Region





## Road traffic noise

Recommendation	Strength
For average noise exposure, the GDG strongly recommends reducing noise levels produced by road traffic below <b>53 decibels (dB) <math>L_{den}</math></b> as road traffic noise above this level is associated with adverse health effects.	Strong
For night noise exposure, the GDG strongly recommends reducing noise levels produced by road traffic during night time below <b>45 dB <math>L_{night}</math></b> as night-time road traffic noise above this level is associated with adverse effects on sleep.	Strong
To reduce health effects, the GDG strongly recommends that policy-makers implement suitable measures to reduce noise exposure from road traffic in the population exposed to levels above the guideline values for average and night noise exposure. For specific interventions, the GDG recommends reducing noise both at the source and on the route between the source and the affected population by changes in infrastructure.	Strong




## Railway noise

Recommendation	Strength
For average noise exposure, the GDG strongly recommends reducing noise levels produced by railway traffic below <b>54 dB <math>L_{den}</math></b> as railway noise above this level is associated with adverse health effects.	Strong
For night noise exposure, the GDG strongly recommends reducing noise levels produced by railway traffic during night time below <b>44 dB <math>L_{night}</math></b> as night-time railway noise above this level is associated with adverse effects on sleep.	Strong
To reduce health effects, the GDG strongly recommends that policy-makers implement suitable measures to reduce noise exposure from railways in the population exposed to levels above the guideline values for average and night noise exposure. There is, however, insufficient evidence to recommend one type of intervention over another.	Strong

 Aircraft noise

Recommendation	Strength
<p>For average noise exposure, the GDG strongly recommends reducing noise levels produced by aircraft below <b>45 dB <math>L_{den}</math></b>, as aircraft noise above this level is associated with adverse health effects.</p>	Strong
<p>For night noise exposure, the GDG strongly recommends reducing noise levels produced by aircraft during night time below <b>40 dB <math>L_{night}</math></b>, as night-time aircraft noise above this level is associated with adverse effects on sleep.</p>	Strong
<p>To reduce health effects, the GDG strongly recommends that policy-makers implement suitable measures to reduce noise exposure from aircraft in the population exposed to levels above the guideline values for average and night noise exposure. For specific interventions the GDG recommends implementing suitable changes in infrastructure.</p>	Strong

 Wind turbine noise

Recommendation	Strength
<p>For average noise exposure, the GDG conditionally recommends reducing noise levels produced by wind turbines below <b>45 dB <math>L_{den}</math></b>, as wind turbine noise above this level is associated with adverse health effects.</p>	Conditional
<p>No recommendation is made for average night noise exposure <math>L_{night}</math> of wind turbines. The quality of evidence of night-time exposure to wind turbine noise is too low to allow a recommendation.</p>	
<p>To reduce health effects, the GDG conditionally recommends that policy-makers implement suitable measures to reduce noise exposure from wind turbines in the population exposed to levels above the guideline values for average noise exposure. No evidence is available, however, to facilitate the recommendation of one particular type of intervention over another.</p>	Conditional



## Leisure noise

Recommendation	Strength
<p>For average noise exposure, the GDG conditionally recommends reducing the yearly average from all leisure noise sources combined to <b>70 dB <math>L_{Aeq,24h}</math></b> as leisure noise above this level is associated with adverse health effects. The equal energy principle<sup>3</sup> can be used to derive exposure limits for other time averages, which might be more practical in regulatory processes.</p>	Conditional
<p>For single-event and impulse noise exposures, the GDG conditionally recommends following existing guidelines and legal regulations to limit the risk of increases in hearing impairment from leisure noise in both children and adults.</p>	Conditional
<p>Following a precautionary approach, to reduce possible health effects, the GDG strongly recommends that policy-makers take action to prevent exposure above the guideline values for average noise and single-event and impulse noise exposures. This is particularly relevant as a large number of people may be exposed to and at risk of hearing impairment through the use of personal listening devices. There is insufficient evidence, however, to recommend one type of intervention over another.</p>	Strong

### Target audience

The guidelines are published by the WHO Regional Office for Europe. In terms of their health implications, the recommended exposure levels can be considered applicable in other regions and suitable for a global audience, as a large body of the evidence underpinning the recommendations was derived not only from European noise effect studies but also from research in other parts of the world – mainly in America, Asia and Australia.

<sup>3</sup> The equal energy principle states that the total effect of sound is proportional to the total amount of sound energy received by the ear, irrespective of the distribution of that energy in time (WHO, 1999).

participants (Bodin et al., 2015; Brown et al., 2015; Hong et al., 2010; Phan et al., 2010; Ristovska et al., 2009; Sato et al., 2002; Shimoyama et al., 2014); these were cross-sectional studies, conducted in healthy adults. The health outcome was measured by self-reporting via general health and noise surveys that included questions about sleep in general, and other questions about how noise affects sleep (see Table 11).

**Table 11. Summary of findings for health effects from exposure to road traffic noise ( $L_{\text{night}}$ )**

Noise metric	Priority health outcome measure	Quantitative risk for adverse health	Lowest level of exposure across studies	Number of participants (studies)	Quality of evidence
<b>Effects on sleep</b>					
$L_{\text{night}}$	%HSD	OR: 2.13 (95% CI: 1.82–2.48) per 10 dB increase	43 dB	20 120 (12)	Moderate (downgraded for study limitations, inconsistency; upgraded for dose-response, magnitude of effect)



The model in the systematic review (Basner & McGuire, 2018) was based on outdoor  $L_{\text{night}}$  levels between 40 dB and 65 dB only; 40 dB was chosen as the lower limit because of possible inaccuracies of predicting lower noise levels. The range of noise exposure reported in the studies reviewed was 37.5–77.5 dB  $L_{\text{night}}$ . About 2% (95% CI: 0.90–3.15) of the population was characterized as highly sleep-disturbed at  $L_{\text{night}}$  levels of 40 dB. The %HSD at other, higher levels of road traffic noise is presented in Table 12. The association between road traffic noise and the probability of being highly sleep-disturbed was OR: 2.13 (95% CI: 1.82–2.48) per 10 dB increase in noise. This evidence was rated moderate quality.

**Table 12. The association between exposure to road traffic noise ( $L_{\text{night}}$ ) and sleep disturbance (%HSD)**

$L_{\text{night}}$ (dB)	%HSD	95% CI
40	2.0	0.9–3.15
45	2.9	1.40–4.44
50	4.2	2.14–6.27
55	6.0	3.19–8.84
60	8.5	4.64–12.43
65	12.0	6.59–17.36

Additional analyses were conducted for other health outcome measures related to sleep, which provided supporting evidence on the overall relationship between road traffic noise and sleep disturbance. When the noise source was not specified in the question, the relationship between road traffic noise and self-reported sleep outcomes was still positive but no longer statistically significant, with an OR of 1.09 (95% CI: 0.94–1.27) per 10 dB increase (Bodin et al., 2015; Brink, 2011; Frei et al., 2014; Halonen et al., 2012). This evidence was rated very low quality.



There was evidence rated moderate quality for an association between road traffic noise and sleep outcomes measured with polysomnography (probability of additional awakenings) with an OR of 1.36 (95% CI: 1.19–1.55) per 10 dB increase in indoor  $L_{AS,max}^{13}$  (Basner et al., 2006; Elmenhorst et al., 2012). Further, evidence rated low quality showed an association between road traffic noise and sleep outcomes measured as motility in adults (Frei et al., 2014; Griefahn et al., 2000; Oehrstroem et al., 2006a; Passchier-Vermeer et al., 2007; Pirrera et al., 2014). Finally, there was evidence rated very low quality for an association between road traffic noise and both self-reported and motility-measured sleep disturbance in children (Ising & Ising, 2002; Lercher et al., 2013; Oehrstroem et al., 2006a; Tiesler et al., 2013).

### 3.1.2.2 Evidence on interventions

This section summarizes the evidence underlying the recommendation on the effectiveness of interventions for road traffic noise exposure. The key question posed was: in the general population exposed to road traffic noise, are interventions effective in reducing exposure to and/or health outcomes from road traffic noise? A summary of the PICOS/PECCOS scheme applied and the main findings is set out in Tables 13 and 14.

**Table 13. PICOS/PECCOS scheme of the effectiveness of interventions for exposure to road traffic noise**

PICO	Description																
<b>Population</b>	<b>General population</b>																
Intervention(s)	The interventions can be defined as: <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) a measures that aim to change noise exposure and associated health effects;</li> <li>(b) a measures that aim to change noise exposure, with no particular evaluation of the impact on health; or</li> <li>(c) a measures designed to reduce health effects, but that may not include a reduction in noise exposure.</li> </ul>																
<b>Comparison</b>	<b>No intervention</b>																
Outcome(s)	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">For average noise exposure:</td> <td style="width: 50%;">For night noise exposure:</td> </tr> <tr> <td>1. cardiovascular disease</td> <td>1. effects on sleep</td> </tr> <tr> <td>2. annoyance</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. cognitive impairment</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. hearing impairment and tinnitus</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. adverse birth outcomes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6. quality of life, well-being and mental health</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7. metabolic outcomes</td> <td></td> </tr> </table>	For average noise exposure:	For night noise exposure:	1. cardiovascular disease	1. effects on sleep	2. annoyance		3. cognitive impairment		4. hearing impairment and tinnitus		5. adverse birth outcomes		6. quality of life, well-being and mental health		7. metabolic outcomes	
For average noise exposure:	For night noise exposure:																
1. cardiovascular disease	1. effects on sleep																
2. annoyance																	
3. cognitive impairment																	
4. hearing impairment and tinnitus																	
5. adverse birth outcomes																	
6. quality of life, well-being and mental health																	
7. metabolic outcomes																	

<sup>13</sup>  $L_{AS,max}$  is the maximum time-weighted and A-weighted sound pressure level with SLOW time constant within a stated time interval starting at t1 and ending at t2, expressed in dB.

Table 14. Summary of findings for road traffic noise interventions by health outcome

Type of intervention	Number of participants (studies)	Effect of intervention	Quality of evidence
<b>Annoyance</b>			
Type A – source interventions (change in traffic flow rate, improved road resurfacing, truck restriction strategy, complex set of barriers, road surfaces and other measures)	6096 <sup>a</sup> (9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Changes in noise level ranged from around –15 dB to +15.5 dB (various noise metrics).</li> <li>Most studies found that the intervention resulted in a change in annoyance.</li> </ul>	Moderate (downgraded for study limitations; upgraded for dose-response)
Type B – path interventions (dwelling insulation, barrier construction, building intervention)	2970 (7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Changes in noise level ranged from –3 dB to –13 dB (various noise metrics).</li> <li>All studies found that the intervention resulted in a change in annoyance, as estimated by an ERF.</li> </ul>	Moderate (downgraded for study limitations; upgraded for dose-response)
Type C – changes in infrastructure (new road tunnel infrastructure)	1211 (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Noise levels reduced by an average of –12 dB (<math>L_{Aeq1,2,4h}</math>).</li> <li>Both studies found lower annoyance responses post intervention, with no change in the controls.</li> </ul>	Moderate (downgraded for study limitations; upgraded for dose-response)
Type D – other physical interventions (availability of quiet side to the dwelling, existence of nearby green space)	26 786 (6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Because of large variability in noise levels between most and least exposed façade (quiet side), access to quiet side and/or green space resulted in less annoyance.</li> </ul>	Very low (downgraded for study limitations)
<b>Sleep disturbance</b>			
Type B – path interventions (1: façade insulation; 2: enlargement of motorway lanes but with dwelling insulation, barriers and quiet pavement)	1158 (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1: façade insulation resulted in a reduction of 7 dB for indoor noise level.</li> <li>2: enlargement led to reduction in the extent of population exposure at higher noise levels (55–65 dB) with an increase in lower levels (45–55 dB)</li> <li>Both path interventions resulted in changes in sleep outcomes</li> </ul>	Moderate (downgraded for study limitations)
Type C – changes in infrastructure (new road tunnel infrastructure)	166 (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Noise levels reduced by an average of –12 dB (<math>L_{Aeq1,2,4h}</math>).</li> <li>Both studies found lower sleep disturbance indicators/ improvement in sleep post intervention, with no change in the controls.</li> </ul>	Moderate (downgraded for study limitations)
Type D – other physical interventions (availability of quiet side to the dwelling)	100 (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>An absence of quiet façade resulted in increased reporting of difficulty in falling asleep.</li> </ul>	Very low (downgraded for study limitations, inconsistency)
<b>Cardiovascular disease</b>			
Type D – other physical interventions (availability of quiet side to the dwelling)	9203 (4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Three studies found changes (including in self-reported hypertension) with and without a quiet side. One study found no change.</li> </ul>	Very low (downgraded for study limitations)

Note: <sup>a</sup> This figure does not include number of participants from the studies by Langdon & Griffiths (1982) and Baughan & Huddart (1993), as the exact number of respondents was not reported.



**Type A – source interventions**

Most of the nine source intervention studies – Baughan & Huddart (1993), Brown (1987; 2015), Brown et al. (1985), Griffiths & Raw (1987; 1989), Kastka (1981), Langdon & Griffiths (1982), Pedersen et al. (2013; 2014), Stansfeld et al. (2009b) – showed an effect in annoyance due to changes in road traffic flow rates. In some cases these were combined with other measures like improved road resurfacing, truck restrictions or complex control measures, including barriers or road surfaces. A majority of the changes resulted in reductions of noise levels.

Regarding the strength of association between exposure and annoyance outcome, all intervention studies demonstrated that the response was of at least the magnitude estimated by a steady-state ERF. The limited available evidence on long-term effects shows that this excess response undergoes some attenuation but is largely maintained over several years. In spite of the high risk of bias in all studies, the evidence in the systematic review was initially assessed as high quality, due to an upgrade because of the dose-response effect. However, the GDG decided to downgrade this assessment in an effort to maximize consistency with the grading approach of the remaining systematic reviews. It was therefore rated moderate quality.

**Type B – path interventions**

Seven path intervention studies – Amundsen et al. (2011; 2013), Bendtsen et al. (2011), Gidloef-Gunnarsson et al. (2010), Kastka et al. (1995), Nilsson & Berglund (2006), Vincent & Champelovier (1993) – explored the effects on annoyance by interventions related to dwelling insulation, barrier constructions and a combination of both, as well as a full-scale building intervention. With the help of pre/post designs, the studies assessed changes in noise exposure achieved by the interventions over different periods of time. In six studies the path intervention was associated with a change in annoyance outcomes. Four of these showed that the annoyance response to the change was in the same direction and of at least the same magnitude estimated by the ERF. In spite of the high risk of bias in all studies, the evidence in the systematic review was initially assessed as high quality, due to an upgrade because of the dose-response effect. However, the GDG decided to downgrade this assessment in an effort to maximize consistency with the grading approach of the remaining systematic reviews. The evidence was therefore rated moderate quality.

Two of the studies (Amundsen et al., 2013; Bendtsen et al., 2011) assessed path interventions and sleep disturbance. The results showed a reduction in the %HSD after the interventions were conducted. One of the studies included a two-year follow-up, revealing the persistence of the effect. Risk of bias was assessed as high in both studies. The evidence was rated moderate quality.

**Type C – new/closed infrastructure interventions**

Two infrastructural intervention studies (Gidloef-Gunnarsson et al., 2013; Oehrstroem, 2004; Oehrstroem & Skanberg, 2000) evaluated the impact on annoyance of major reductions in road traffic flows, combined with other environmental improvements. One was a new road tunnel infrastructure, resulting in substantial traffic and noise levels reductions for residents near the previously heavy-traffic road. Both studies were pre/post designs using repeated measures of annoyance outcomes. Following the reduction in noise levels (around  $-12$  dB  $L_{Aeq,24h}$ ), both studies demonstrated a statistically significant lower degree of annoyance, while there was no change in



the control group. Both also reported that the after-scores in the studies matched those estimated by the ERF, but both reported excess response, meaning that the response to change was in the direction estimated by the ERF but much steeper. In spite of the high risk of bias in all studies, the quality of the evidence in the systematic review was initially assessed as high, due to an upgrade because of the dose-response effect. However, the GDG decided to downgrade this assessment in an effort to maximize consistency with the grading approach of the remaining systematic reviews. The evidence was therefore rated moderate quality.

Two studies investigated the impact of new tunnels that removed traffic flow from surface roads on sleep disturbance (Oehrstroem, 2004; Oehrstroem & Skanberg, 2000; 2004). Subjective and objective measures of sleep quality were assessed before and after the intervention. Both studies demonstrated a statistically significant lower reporting of various sleep disturbance indicators post intervention. One study reported statistically significantly reduced time spent in bed after the intervention, which, according to the authors, could suggest increased sleep efficiency. Risk of bias was assessed as high, so this evidence was rated moderate quality.



#### Type D – other physical infrastructure interventions

No intervention studies were available to assess impacts on annoyance of other physical interventions. The only relevant studies (Babisch et al., 2012; de Kluzenaar et al, 2011; 2013; Gidloef-Gunnarsson & Oehrstroem 2007; van Renterghem & Botteldooren, 2012; 2010) did not provide direct evidence of an intervention. Instead, they provided indirect evidence on the magnitude of the likely effect of certain interventions (e.g. using the quiet side of the dwelling, green space in the neighbourhood) by comparing responses from groups with and without the intervention/feature of interest. All studies found an effect of the presence of the dimension investigated; in all but one, the effect was statistically significant. Risk of bias was assessed as high in all studies, so the evidence was rated very low quality.

One study investigated a subjective assessment of difficulty in falling asleep (van Renterghem & Botteldooren, 2012), before and after the intervention. The difference in the proportion of participants reporting difficulty falling asleep “at least sometimes” between homes with and without a quiet side was statistically significant. Absence of a quiet façade resulted in increased reporting of this sleep parameter. Confounding was adjusted for in the analyses of the ERFs, including noise sensitivity, window-closing behaviour and front-façade  $L_{den}$ . Risk of bias was assessed as high, so the evidence was rated very low quality.

Four studies that assessed the effect of other physical interventions on cardiovascular disease were identified (Babisch et al., 2012; 2014a; Bluhm et al., 2007; Lercher et al., 2011). Three of these found changes, including self-reported hypertension, with and without a quiet side of the dwelling; in two the difference was statistically significant. The risk of bias in these studies was generally high, so the evidence was rated very low quality.

#### 3.1.2.3 Consideration of additional contextual factors

As the foregoing overview has shown, ample evidence about the adverse health effects of long-term exposure to road traffic noise exists. Based on the quality of the available evidence, the GDG set the strength of the recommendation on road traffic noise at strong. As a second step, it qualitatively

assessed contextual factors to explore whether other considerations could have a relevant impact on the recommendation strength. These considerations mainly concerned the balance of harms and benefits, values and preferences, equity, and resource use and implementation.

When assessing the balance of harms and benefits of interventions to reduce exposure to road traffic noise, the GDG initially noted that road traffic is the most widespread source of noise pollution, measured in terms of the number of affected people both within and outside urban areas. The EEA estimates that more than 100 million people in Europe are exposed to  $L_{den}$  levels above 55 dB; for night-time road traffic noise, over 72 million Europeans are exposed to  $L_{night}$  levels above 50 dB (Blanes et al., 2017).<sup>14</sup> The amount of road traffic noise emitted is unlikely to decrease significantly: both transport demand, including for passenger cars (EC, 2016b), and the number of city inhabitants (Eurostat, 2016) are expected to increase. Considering the significant burden of disease attributable to exposure to road traffic noise (WHO Regional Office for Europe & JRC, 2011), the GDG expects substantial health benefits to evolve from implementing the recommendations to reduce population exposure to road traffic noise. Depending on the intervention measures used (such as restrictions of traffic), possible harms could include effects on the transportation of goods and on individual mobility of the population. Both can have impacts on local, national and international economies. Overall, the GDG estimated that the benefits gained from minimizing adverse health effects due to road traffic noise exposure outweigh the possible (economic) harms.

Considering values and preferences, it has been established that people appreciate quiet areas as beneficial for their health and well-being, especially in urban areas (Shepherd et al., 2013; Gidloef-Gunnarsson & Oehrstroem, 2007; Oehrstroem et al., 2006b). Nevertheless, the GDG recognized that the convenience of individual mobility with the help of passenger cars is valued overall by large parts of the population in the EU, as illustrated by the sustained high volume of passenger kilometres driven in Europe (EEA, 2016a; 2017a). In general, values and preferences are expected to vary throughout society, as exposure to environmental noise and continuous road traffic noise is not equally distributed: those of individuals directly affected by long-term road traffic exposure are likely to differ from those that are not affected. Individuals with a higher average sound pressure level of road traffic noise are, for example, more willing to pay to reduce their noise exposure (Bristow et al., 2014).

In light of the dimension of equity, the GDG highlighted the fact that the risk of exposure to road traffic noise is not equally distributed throughout society. People with lower socioeconomic status and other disadvantaged groups often live in more polluted and louder areas, including in proximity to busy roads (EC, 2016a). Moreover, socioeconomic factors are not only related to differences in exposure to environmental factors such as noise but are also associated with increased vulnerability and poorer coping capacities (Karpati et al., 2002).

With resource use and implementation considerations, the GDG recognized that no comprehensive cost-benefit analysis for the WHO European Region yet exists, so this assessment is based on informed expert judgement regarding the feasibility of implementing the recommendation for the majority of the population. As the systematic review of environmental noise interventions and their

---

<sup>14</sup> These are gap-filled figures based on the reported data and including the situation both within and outside cities, as defined by the END.

associated impact on health shows, various effective measures exist to reduce noise exposure from road traffic and improve health (Brown & van Kamp, 2017). The resources needed to implement these measures vary as they rely on the type of intervention and the context. The GDG pointed out the following four major solutions, which are known to be cost-effective: choice of appropriate tyres, use of low-noise road surfaces, building of noise barriers and installation of soundproof windows (CSES et al., 2016). Other types of intervention include limitations of speed or type of traffic allowed on roads.

Regarding feasibility of implementation, the GDG was convinced that many of the solutions can be planned as part of regular maintenance processes and accelerated fleet and road modernization. In particular, appropriate tyres and road surfaces are only slightly more expensive than existing products, and various countries have already considered or adopted similar interventions to reduce noise levels (Ohiduzzaman et al., 2016; Sirin, 2016). This indicates that solutions to achieve recommended noise levels can be implemented and carry a reasonable cost on a societal level. The GDG noted, however, that the feasibility of implementing measures can be hindered by the fact that costs and benefits are not evenly distributed. In most cases, the health benefits gained by interventions that reduce long-term road traffic exposure accrue to citizens, whereas the costs are borne by road users, private companies and public authorities. Furthermore, the GDG expects challenges in the implementation of all long-term measures that include changes in behaviour of the population, such as increased use of car-sharing or public transport. Even though the overall costs are expected to be significant, because of the large number of people affected, the benefit of implementation of the recommendation to minimize the risk of adverse health effects due to road traffic noise for a majority of the population exceeds the resources needed.

In light of the assessment of the contextual factors in addition to the quality of evidence, the recommendation remains strong.

#### Other nonpriority adverse health outcomes

As an additional consideration, although not priority health outcomes and coming from a single study, the GDG noted the evidence rated moderate quality for an association between road traffic noise and the prevalence of diabetes (van Kempen et al., 2018). The noise levels in the study identified ranged from around 50 dB to 70 dB  $L_{den}$ , so the recommendation proposed is thought to be protective enough for this health outcome. Thus, it did not lead to a change in the recommendation.

#### Additional considerations or uncertainties

Individual noise annoyance judgements of residents are to a large extent moderated by personal variables (such as noise sensitivity and coping capacity). However, further situational factors that apply to many residents should be taken into account when analysing noise annoyance from road traffic noise, as they may moderate the relationship. These include the type(s) of road being considered (highways, urban main roads, secondary roads and so on) and the related traffic composition (share of cars, motorcycles and heavy and loud trucks) and pattern (fluctuation, frequency, intermittency). Moreover, the location of settlements and/or individual dwellings, proximity to the road, and location and availability of a quiet façade can also influence the relationship when predicting health outcomes such as annoyance.



## 3.1.3 Summary of the assessment of the strength of the recommendations

Table 15 provides a comprehensive summary of the different dimensions for the assessment of the strength of the road traffic noise recommendations.

**Table 15. Summary of the assessment of the strength of the road traffic noise recommendation**

Factors influencing the strength of recommendation	Decision
Quality of evidence	<p><b>Average exposure (<math>L_{den}</math>)</b></p> <p><i>Health effects</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evidence for a relevant RR increase for incidence of IHD at <b>59 dB <math>L_{den}</math></b> was rated <b>high quality</b>.</li> <li>Evidence for the incidence of hypertension was rated <b>low quality</b>.</li> <li>Evidence for a relevant absolute risk of annoyance at <b>53 dB <math>L_{den}</math></b> was rated <b>moderate quality</b>.</li> <li>Evidence for a relevant RR increase for reading and oral comprehension was rated <b>very low quality</b>.</li> </ul> <p><i>Interventions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evidence on effectiveness of interventions to reduce noise exposure and/or health outcomes from road traffic noise is of varying quality.</li> </ul> <p><b>Night-time exposure (<math>L_{night}</math>)</b></p> <p><i>Health effects</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evidence for a relevant absolute risk of sleep disturbance related to night noise exposure from road traffic at <b>45 dB <math>L_{night}</math></b> was rated <b>moderate quality</b>.</li> </ul> <p><i>Interventions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evidence on effectiveness of interventions to reduce noise exposure and/or sleep disturbance from road traffic noise is of varying quality.</li> </ul>
Balance of benefits versus harms and burdens	Health benefits can be gained from markedly reducing exposure of the population to road traffic noise; benefits outweigh the harms of interventions to reduce continuous road traffic noise.
Values and preferences	Quiet areas are valued by the population, especially by those affected by continuous noise exposure. Some variability is possible between those who benefit from interventions to reduce road traffic noise and those who finance the interventions.
Equity	Risk of exposure to road traffic noise is not equally distributed.
Resource use and implications	No comprehensive cost-effectiveness analysis data are available; nevertheless, a wide range of solutions exists and several are being implemented, showing that effective interventions are both feasible and economically reasonable.
Decisions on recommendation strength	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Strong</b> for guideline level for average noise exposure (<math>L_{den}</math>)</li> <li><b>Strong</b> for guideline value for average night noise exposure (<math>L_{night}</math>)</li> <li><b>Strong</b> for specific interventions to reduce noise exposure</li> </ul>



## 3.2 Railway noise

### Recommendations

For average noise exposure, the GDG **strongly** recommends reducing noise levels produced by railway traffic below **54 dB  $L_{den}$** , as railway noise above this level is associated with adverse health effects.

For night noise exposure, the GDG **strongly** recommends reducing noise levels produced by railway traffic during night time below **44 dB  $L_{night}$** , as railway noise above this level is associated with adverse effects on sleep.

To reduce health effects, the GDG **strongly** recommends that policy-makers implement suitable measures to reduce noise exposure from railways in the population exposed to levels above the guideline values for average and night noise exposure. There is, however, insufficient evidence to recommend one type of intervention over another.



### 3.2.1 Rationale for the guideline levels for railway noise

The exposure levels were derived in accordance with the prioritizing process of critical health outcomes described in section 2.4.3. For each of the outcomes, the exposure level was identified by applying the benchmark, set as relevant risk increase to the corresponding ERF. In the case of exposure to railway noise, the process can be summarized as follows (Table 16).

**Table 16. Average exposure levels ( $L_{den}$ ) for priority health outcomes from railway noise**

Summary of priority health outcome evidence	Benchmark level	Evidence quality
<b>Incidence of IHD</b> No studies were available and therefore incidence of IHD could not be used to assess the exposure level.	5% increase of RR	No studies met the inclusion criteria/no studies available
<b>Incidence of hypertension</b> One study met the inclusion criteria. There was no significant increase of risk associated with increased noise exposure in this study.	10% increase of RR	Low quality
<b>Prevalence of highly annoyed population</b> There was an absolute risk of 10% at a noise exposure level of 53.7 dB $L_{den}$ .	10% absolute risk	Moderate quality
<b>Permanent hearing impairment</b>	No increase	No studies met the inclusion criteria/no studies available
<b>Reading skills and oral comprehension in children</b>	One-month delay	No studies met the inclusion criteria/no studies available

In accordance with the prioritization process (see section 2.4.3), the GDG set a guideline exposure level of 53.7 dB  $L_{den}$  for average exposure, based on the relevant increase of the absolute %HA. In accordance with the defined rounding procedure, the value was rounded to 54 dB  $L_{den}$ . As the evidence on the adverse effects of railway noise was rated moderate quality, the GDG made the recommendation strong.



70 dB (WHO, 1999). Table 49 presents the noise levels per hour for various time averages in order to keep within the recommended yearly average exposure, and assuming that exposure to other noise sources generally does not contribute significantly. For example, for specific events taking place for one-, two- or four-hour averages, once a week (such as visiting a discotheque or watching a loud movie), an hourly noise level of 85 dB would lead to an average yearly exposure of 63 dB, 66 dB and 69 dB, respectively. However, the same hourly exposure of 85 dB for an activity taking place for 14 hours per week (two hours per day, seven days a week) would lead to a yearly exposure of 74 dB, which exceeds the recommendations.

**Table 49. Combination of hourly exposure and number of hours per week to arrive at a yearly average  $L_{Aeq}$**

Hours of exposure per week	One-hour exposure level ( $L_{Aeq}$ )						
	70	75	80	85	90	95	100
1	48	53	58	63	68	73	78
2	51	56	61	66	71	76	81
4	54	59	64	69	74	79	84
14 (2 hours per day, 7 days per week)	59	64	69	74	79	84	89
28 (4 hours per day, 7 days per week)	62	67	72	77	82	87	92
40 (8 hours per day, 5 days per week)	64	69	74	79	84	89	94
168 (24 hours per day, 7 days per week)	70	75	80	85	90	95	100

Note: green = combinations of exposure/duration below current guideline level; red = combinations of exposure/duration above current guideline level; blue = input parameters.

The equal energy principle cannot be used to derive single-event limits because at high levels the ear starts to respond with nonlinear behaviour. The CNG provides several values, in different units:  $L_{AF,max} = 110$  dB for industrial noises (no distance stated),  $L_{peak,in} = 140$  dB for adults and  $L_{peak,in} = 120$  dB for children (measured at 100 mm) (WHO, 1999). EU Directive 2003/10/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers recommends a lower action level of  $L_{peak,C} = 135$  dB (at 100 mm). In a recent overview Hohmann (2015) provided an ERF for hearing damage caused by shooting noise, from which it appears that a safe level of  $L_E = 120$  dB can be derived.

Although it is clear that high noise levels cause acute hearing damage, there is no agreement on a safe level. Further research is highly recommended. In the mean time, existing guidelines should be applied.

## Anexo [6]

Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, Elementos claves entorno a la estructura tarifaria.

### ELEMENTOS CLAVES ENTORNO A LA ESTRUCTURA TARIFARIA

La definición de una Estructura tarifaria supone un análisis pormenorizado del sistema de transporte Público en su situación actual y en perspectiva de los fundamentales cambios que requiere. En torno a estos cambios gira la definición y aprobación de una estructura tarifaria coherente con la sustentabilidad del sistema de transporte público.

#### Situación actual del Transporte Público

El concepto de movilidad sostenible surge como respuesta a los impactos sociales, económicos y ambientales derivados del uso intensivo de los vehículos a motor. El vehículo privado resulta ser el medio de transporte que más suelo ocupa, más combustible consume y más externalidades genera (accidentes, contaminación, ruido, congestión, etc.). Sin embargo, desde el punto de vista de la mayoría de usuarios el vehículo privado sigue siendo altamente valorado y deseado, por encima del resto de medios de transporte. La solución de la movilidad en las ciudades debe partir de políticas que fomenten el uso del transporte público en sus diversas formas, por sobre el uso individualizado del transporte particular.

En Quito, el actual sistema de transporte constituye un sistema desintegrado, de baja calidad deservicio, que atiende a los segmentos de demanda bajo esquemas tradicionales ineficientes. Las distintas líneas de buses urbanos convencionales no se articulan adecuadamente entre sí ni con el subsistema Metrobús-Q. El sistema requiere solventar la conexión norte – sur, así como las conexiones transversales, fundamentalmente en el área urbana.

Igualmente, necesita optimizar y ampliar la red para una mejor comunicación con el área urbano-periférica. Los sistemas de transporte cubren gran parte de las áreas de demanda, pero su limitada integración produce considerables inconvenientes al momento de viajar y efectuar transferencias y transbordos. Los modos más vulnerables, peatones y no motorizados, son poco atendidos y no cuentan con una red que promueva y facilite su articulación al sistema. Esto se ve reflejado en una deficiente activación del espacio público.

Para hacer frente a esta problemática de movilidad, entre varias acciones, la Municipalidad se encuentra construyendo la Primera Línea de Metro, el mayor proyecto de obra pública de toda su historia, asignada para mejorar sustancialmente la calidad de la oferta del transporte público. Este proyecto se lo ha concebido como la columna vertebral de la red transporte público de la ciudad de Quito, operando con los demás servicios de una manera integrada, condición sin la cual no debe operar el Metro.

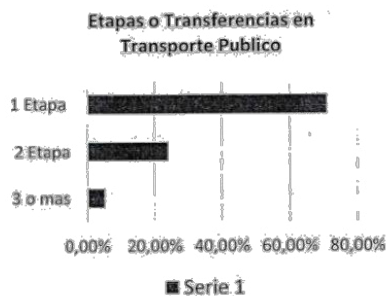
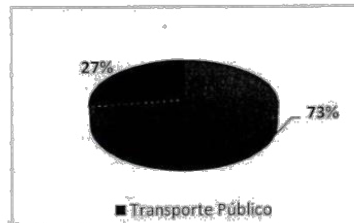
Implementar el Sistema Integrado de Transporte Público del Distrito Metropolitano de Quito (SITP-Q) es uno de los grandes objetivos de la movilidad de la Municipalidad, tarea llevada a cabo por la Secretaría de Movilidad y sus Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMPQ) y la empresa Pública Metropolitana Metro de Quito (EPMQ). Para lograr este cometido se requiere de manera inobjetable diseñar e implementar plan de reestructuración de la

red de transporte público, inicialmente de la ciudad de Quito, centralidad mayor del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), para luego extenderse a toda su jurisdicción.

### Las tarifas en el Transporte Público

Teniendo presente los estudios realizados para el Municipio de Quito en los últimos años, podríamos establecer la siguiente información. El uso del transporte público se refleja en un 73% de la población, dentro del modo de transporte motorizado, como muestra el gráfico a continuación.

Dentro del mismo, se estima que, en el subsistema convencional, se producen 1 millón 600 mil viajes en día laborable y en el subsistema Metrobus-Q, 1 millón de viajes en día laborable.



Dentro de esos viajes, hay que discriminar si son realizados en una etapa o en varias, es decir si el usuario hace transbordos desde su punto de origen a su punto de destino, conllevando el pago múltiple de la tarifa, dado que en la ciudad aún no existe un sistema integrado ni una tarifa para el mismo, situación que se describirá más adelante.

Los viajes realizados en el transporte público son mayormente realizados en una etapa, suponiendo el 70% del total de viajes en el transporte público, frente al 30 % de la población usuaria, que utiliza dos o más modos de transporte para trasladarse de su origen a su destino.

Para tener en cuenta la tarifa promedio que paga la población, podremos calcular teniendo en cuenta los datos anteriormente mencionados y teniendo presente la situación de transporte informal, situación de la cual no hay mucha información, no se han realizado estudios en el seno de esta Secretaría y debemos contemplar que es difícil estudiar la informalidad, ya que como su propio nombre indica conlleva improvisación, aunque hay ciertos datos y conocimiento de diferentes casos; rutas o modos de transporte informal que se dan en la ciudad, respondiendo en la mayoría de los casos a la asistencia desde y hacia barrios periféricos de la ciudad y en lo que se denomina *última milla*<sup>2</sup>, cuestiones que se proyectan resolver con la reestructuración de rutas en ejecución. Para valorar el transporte informal, hemos tenido presente un documento, *Transporte*:

<sup>2</sup> La parte de las redes que conecta los usuarios finales (residenciales) a las redes del transporte público. A esta red de acceso, está muy extendido denominarla la "última milla"



*Informal en Quito: movilidad desde las periferias:* realizado por la Universidad San Francisco de Quito. En este transporte informal, debemos tener presente que hay dos tipos, principalmente, según sea servicio privado transporte grupal, que es hacia el que se ha dirigido el estudio mencionado. Este tipo de transporte supone un costo menor ya que es compartido y suele tener paradas predeterminadas. Y dentro de la muestra trabajada, desagregan este servicio en 3 tipos de destino: Desde o hacia el hipercentro / Conexión con transporte público / Conexiones periféricas entre sur-norte y los valles.

Teniendo en cuenta la tarifa actual, 0, 25 ctvs., la valor promedio ponderado del pago en el uso del transporte público, según los datos de estudios, es 0, 34 ctvs.

Por otro lado, el valor pagado en el transporte informal, de los valores conocidos, fluctúa entre 0, 50 y 1, 50, por lo que podríamos considerar de manera general un valor de 0,75 ctvs. Sin embargo, no podemos hacer un cálculo más preciso, ya que no se dispone de una información fidedigna y completa del transporte informal.

Actualmente el DMQ cuenta con la misma tarifa desde hace dieciséis años, situación que es totalmente insostenible. La población de la ciudad de Quito en 2003, era según censo de 2001, 1,39 millones con una tasa de crecimiento de 1,55% hasta 2010, con 1,6 millones de habitantes. En 2018 y proyecciones a 2020, donde la tasa de crecimiento se supera con respecto a la década anterior, con 1'98 millones de habitantes, el área urbana en 2018.

Por lo tanto, el mayor requerimiento de servicio público y el aumento de los costos operacionales, no ha venido acompañada de una tarifa adecuada que permita equilibrio financiero para las operadoras privadas y para la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito, lo que ha conllevado a la necesidad de cubrir dichos déficits mediante subsidios y ha incidido en la baja de la calidad del servicio.

Adicionalmente, es meritorio observar que la tarifa en 2003, de 0, 25 ctvs. frente al salario base de aquel momento, 122 USD, equivalía al 0,2%, en tanto que actualmente, la tarifa propuesta, de 0,70 ctvs. representa el 0,17 % del salario básico unificado actual de 394 USD. Con lo cual la tarifa propuesta, con uso de varias etapas representa un valor real inferior de lo que suponía la tarifa de 0, 25 en 2003.

En base a los elementos señalados y considerando el costo de la operación de los subsistemas, la Secretaría de Movilidad ha efectuado una propuesta de estructura tarifaria, teniendo en cuenta los estudios previos realizados, que concluye en el valor de 0, 45 ctvs., cuando se realice el viaje usando un sólo subsistema y 0, 70 ctvs., realizando un viaje en varios modos de transporte, y haciendo dos o más transferencias, durante un período de 90 minutos.

De ahí la necesidad de aprobar la estructura tarifaria propuesta, que mejore la situación del Transporte Público de Quito y ponga las bases adecuadas para implementar los elementos necesarios para un Sistema Integrado de Transporte, que conlleva ordenamiento, tecnificación y modernización para bien de la ciudad y la inminente inserción al sistema, del subsistema Metro de Quito.

## Estándares de Calidad del Servicio

La Ordenanza Metropolitana 201, de Seguridad y Convivencia Ciudadana es el marco jurídico municipal principal para la calidad del servicio en el transporte Público. En ella existen varias Disposiciones Transitorias que dictan sobre el asunto. Este cuerpo normativo, establece que deben cumplirse treinta indicadores que versan sobre la calidad del servicio, cuyo verificación y control ha sido delegada a la Agencia Metropolitana de Tránsito y la Secretaría de Movilidad.

#### **Cumplimiento de las Disposiciones Transitorias Ordenanza Metropolitana 201**

##### **❖ ACCIONES**

Sobre la situación de las personas con discapacidad en el DMQ, se han ejecutado las siguientes acciones:

Mediante oficio Nro. MSP-DND-2015-0023-0, de 13 de enero de 2015, la Dirección

Nacional de Discapacidades del Ministerio de Salud Pública, informa a la Secretaría de Movilidad del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, que en el Registro único de personas con discapacidad existen en la ciudad de Quito 43.761 personas con discapacidad. De estos, 42.887 se encuentran en el rango de edad mayores de 5 años.

Con estos antecedentes, el Concejo Metropolitano estableció la Ordenanza Metropolitana No. 054 para la fijación de la tarifa preferencial para personas con discapacidad en el Transporte público de pasajeros en el ámbito intracantonal Urbano del DMQ., que en su parte resolutive establece lo siguiente:

Artículo 1.- En ejercicio de los principios de orden Constitucional y aquellos previstos en la Ley Orgánica de Discapacidades, se establece en diez centavos de dólar de los Estados Unidos de América (USD. 0,10) la tarifa preferencial que las personas con discapacidad deberán cancelar en la prestación del servicio de transporte público intracantonal urbano y en el Sistema Integrado de Transporte del Distrito Metropolitano de Quito, incluyendo sus troncales y alimentadores, cuya observancia será obligatoria y de fiel cumplimiento por parte de los operadores del servicio.

Con esta información La Secretaría de Movilidad en coordinación con la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito, establecerá un modelo de gestión para atender los requerimientos de transportación para este tipo de usuarios, considerando el tipo de material, los puntos de origen y demanda y demás aspectos técnicos. (Adjunto Oficio No. EPMTQ-GG-974-18 de fecha 30 de julio de 2018, enviado por la Empresa de Pasajeros de Quito)

##### **❖ ACCIONES.-**

Lastimosamente el proyecto de convenio que se iba a suscribir con la Universidad San Francisco, no se pudo culminar a su debido tiempo, se tuvo que recurrir a invitar a otras Instituciones que puedan dictar estas capacitaciones como primera alternativa:

## Anexo [7]

# Estudio sobre el impacto acústico de la contaminación acústica en el centro histórico de Quito

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 QUÉ ES LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

La contaminación es la modificación o variación del equilibrio, que mantiene el entorno del ser humano. La acústica es la parte de la física que corresponde al estudio del sonido<sup>1</sup>. El sonido se define como la vibración de uno o varios cuerpos, los cuales se propagan por un medio elástico, y se puede percibir por el oído.

La contaminación acústica, se define como la modificación en el aspecto sonoro de un ambiente que se encuentra en equilibrio con su entorno<sup>2</sup>. El ruido es el resultado de la molestia o incomodidad de la percepción auditiva, frente a un fenómeno sonoro, sin embargo el significado de ruido es subjetivo y se fundamenta en una suposición del ser humano.

La contaminación acústica es una consecuencia directa y no deseada producto de las actividades diarias humanas. Por esto se le considera una difícil de tratar.

Las dificultades para un correcto control y monitoreo de este contaminante se fundamentan en los siguientes aspectos principales:

- Es un fenómeno espontáneo que se vincula al horario y actividad que lo produce.
- No deja residuos (no tiene un efecto acumulativo en el medio de propagación, pero si puede tener un efecto acumulativo en el hombre.)
- Su cuantificación es compleja.
- Es uno de los contaminantes que requiere menos cantidad de energía para ser producido.
- Tiene un radio de acción pequeño, vale decir, es localizado.

---

<sup>1</sup> Fuente [Encarta 2001]

<sup>2</sup> Fuente [WIKIPEDIA]

- No es susceptible a su traslado a través de los sistemas naturales, como el aire contaminado llevado por el viento, o un residuo líquido llevado por el río a través de grandes distancias.
- Se percibe solo por un sentido: el oído. Esto hace subestimar su efecto, a diferencia de otros contaminantes que, como en el caso del agua, por ejemplo, cuya contaminación se puede percibir por su aspecto, olor, y sabor<sup>2</sup>.

La contaminación acústica, es una parte de los diversos problemas que se encuentran en este medio de propagación (aire), llegando en los últimos años a tomar un lugar considerable dentro de la población urbana del Distrito Metropolitano de Quito, así como también en sus alrededores y en el país entero.

La contaminación acústica es difícil de medir ya que la definición de ruido es una apreciación subjetiva, dependiendo del receptor de este fenómeno.

Sin embargo, se asume que el factor determinante para la contaminación acústica en el Distrito Metropolitano de Quito, es el ruido del tráfico en las calles, sobre todo en las horas pico (debido a la alta concentración de vehículos.).

### 2.1.1 CAUSAS

La perturbación sonora, provocada por vibraciones de las moléculas del aire (mientras se encuentre en el rango de frecuencia audible de 20 Hz a 20 KHz), se percibe como un evento sonoro por medio del sentido de la audición. El ruido se propaga por medio de ondas complejas, desde la fuente o foco hacia el ambiente, perdiendo intensidad a medida que aumenta la distancia. Dependiendo de las características se las diferencia entre fuentes de emisión: fijas o móviles.

---

<sup>2</sup> Fuente: SUAREZ

Las causas que producen la contaminación acústica en los centros urbanos son las siguientes:

- El ruido producido por el flujo vehicular.
- El abuso de la utilización de la bocina por parte de los conductores.
- Los altos niveles de presión sonora producida por la actividad de las industrias.
- Las empresas constructoras así como también el mantenimiento de vías y edificaciones.
- El uso de altavoces para la promoción y venta de productos y de servicios.
- Algunas actividades de, esparcimiento y diversión. (deportes a motor, aglomeración de personas en espacios públicos, ventas ambulantes, animales domésticos, etc.)

En casos especiales, se denota la falta de planificación urbana como uno de los puntos críticos, para que la contaminación acústica crezca sin ninguna forma de tratar este tema inmediatamente.

En conclusión; toda actividad humana, que atente contra el bienestar y salud del correcto funcionamiento del aparato auditivo, o que aumente los riesgos al cual ya está expuesto, es considerada como causante de la contaminación acústica

### **2.1.2 SURGIMIENTO DEL TEMA EN EL PAÍS**

La contaminación acústica siempre ha existido, en la antigua Roma se aplicaban medidas preventivas por las quejas de la población, así como también en los países de Europa medieval.<sup>4</sup> A causa de esto, se crearon normas para que las funciones que producían molestias por el ruido no sobrepasen ciertas horas en la noche.

---

<sup>4</sup> Fuente WHO

La mayoría de estas normas eran impuestas para impedir la perturbación del sueño, que es un tema que en estos días aflige a la población urbana en todo el mundo. Sin embargo, uno de los inicios de la preocupación sobre los efectos nocivos del ruido, radica recién en el siglo XIX, con el comienzo de la era industrial.

La exposición en los puestos de trabajo a altos niveles de ruido generados por las nuevas maquinarias, hacen aparecer enfermedades profesionales como la pérdida de audición<sup>5</sup>. Se puede categorizar al reconocimiento de la contaminación acústica como relativamente nuevo, debido a que era un hecho menospreciado por la falta de información sobre el tema, y sus efectos nocivos en el ser humano. Así como también la falta de criterio, instrumentación y dispositivos que cuantifiquen este fenómeno.

La creación de legislaciones concernientes a la contaminación acústica, data del mes de noviembre del año 1990. Tiempo en el cual el Ecuador, crea el Reglamento Nacional de Control de Ruido, que consta en el registro oficial No 560<sup>6</sup>.

Hay que tener en cuenta una diferencia de tiempo en la fecha en que el ruido empieza a presentar molestia a la población, entre la molestia en sí. Lo cual dependería de las primeras denuncias registradas por este suceso.

### 2.1.3 COMO ESCUCHAMOS

El espectro de nuestra audición se lo conoce como el espectro audible, y son las frecuencias comprendidas desde los 20 Hz (una vibración de veinte ciclos por segundo), hasta los 20kHz, este es un rango óptimo de audición. Las variaciones de las frecuencias máximas, y las frecuencias mínimas audibles, estarán ligados a la sensibilidad de cada persona; y factores como, edad, audición sana, etc.

---

<sup>5</sup> Fuente SUAREZ

<sup>6</sup> Fuente [<http://www.diccionario.com.ec/archivo/2006/05/25/el-ruido-un-criminal-silencioso/>]

Las frecuencias audibles se dividen en tres grandes grupos, las frecuencias bajas, medias, y altas. La diferencia de cada grupo es percibida como tono, en donde los sonidos se pueden clasificar en tonos graves y agudos. Mientras más alta sea la frecuencia más agudo será el sonido.

Para mejorar la comprensión de esto, podemos apoyarnos en el diagrama de un piano y sus distintas teclas.

Dentro de la escala de notas mayores (se sabe que son siete), la octava de una nota, (de un Do central hacia el siguiente Do ascendente) va haciéndose más agudo, y es exactamente el doble de la frecuencia del sonido anterior. La octava ascendente de LA mayor (440 Hz), será ocho tonos más arriba, y exactamente el doble de la frecuencia (880Hz).

Para el ser humano existen frecuencias que son mejor percibidas que otras, (esto lo podemos ver en el gráfico de la respuesta del oído en función de la frecuencia y la presión sonora) debido a esto habrán frecuencias que sean de mayor molestia al momento de estar expuesto.

#### **2.1.4 COMO SE MIDE**

Para tratar de cuantificar la contaminación acústica se utiliza instrumentación diseñada para este propósito, estos dispositivos tienen por nombre sonómetros, los cuales entregan una medición del nivel de presión sonora que produce un evento. Estos valores darán un respaldo científico al momento de relacionarlos con las percepciones subjetivas de los individuos, frente a los eventos medidos.

El espacio en donde estas mediciones serán llevadas a cabo, va a depender del enfoque del estudio y los objetivos de este. Ya que factores como: ángulo de incidencia, la longitud de onda, medio por el cual se propaga, sus propiedades, intensidad, y las condiciones topográficas, modificarán los resultados impidiendo así una correcta apreciación de la situación sonora en dicho lugar.



Tomando en cuenta el objetivo del estudio, se realizaron las mediciones en los lugares donde el ser humano desarrolla sus actividades diarias.

#### 2.1.5 EL RUIDO AMBIENTAL

Para países desarrollados de la Unión Europea, el ruido ambiental al que se encuentra expuesta la población, es un factor importante dentro del contexto del bienestar social. Estos países cuentan con los recursos necesarios para la implementación de proyectos de desarrollo sostenible.

A pesar de estas ventajas, no se asegura que la metodología llevada a cabo sea eficiente, y que a largo plazo pueda seguir funcionando de la misma manera. Los factores determinantes no se pueden generalizar para países en donde se quiera implementar este tipo de control. Mediante estudios se demostró que el crecimiento del tráfico vehicular va de acuerdo: al crecimiento económico, al desarrollo urbano que se estima a futuro, y el espacio que se da al tráfico vehicular en las ciudades.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Fuente CATALOGUE

## 2.1.6 RUIDO COMUNITARIO

Tabla 2.1 Guía de valores para ruido comunitario en diferentes ambientes según la OMS

Ambientes Específicos	Efectos sobre la Salud	Leq en dB(A)	Tiempo Base
Área residencial al exterior	Molestia seria, durante el día y atardecer Molestia moderada, durante el día y atardecer	55 50	16 16
Interior de viviendas	Molestia moderada, inteligibilidad de la palabra, durante el día y atardecer	35	16
Interior de dormitorios	Perturbación del sueño, durante la noche	30	8
Exterior de dormitorios	Perturbación del sueño, ventanas abiertas (valores en exterior)	45	8
Interior de aulas de clases y preescolares	Inteligibilidad de la palabra, perturbación en la obtención de información, interferencia con la comunicación y los mensajes	35	Durante la Clase
Interior de dormitorios de preescolar	Perturbación del sueño	30	Horas de Sueño
Escuelas, áreas exteriores de juegos,	Molestias (fuentes externas)	55	Durante el juego
Interior de salas de hospitales	Perturbación del sueño noche	30	8
	Perturbación del sueño, día y atardecer	30	16
Interior de salas de tratamiento en hospitales	Interferencia con descanso y restablecimiento	81	
Interior y exterior de zonas industriales, comerciales y de tráfico	Menoscabo auditivo	70	24
Ceremonias, festivales y actividades recreativas	Menoscabo auditivo (asistentes habituales 5 veces año)	100	4
Óscaros públicos (sitavoces), interior y exterior	Menoscabo auditivo	85	1
Música y otros sonidos a través de audifonos	Menoscabo auditivo (valores en campo libre)	85 #2	1
Sonidos impulsivos provenientes de juguetes, fuegos artificiales y armas de	Menoscabo auditivo (adultos)	-	
	Menoscabo auditivo (niños)	-	
Exterior en parques y áreas protegidas	Perturbación de la tranquilidad	43	

Fuente WHO

El ruido ambiental se lo puede definir como el conjunto de sonidos al cual una persona está expuesta a lo largo del día, dependiendo de la ubicación de la misma, sin que tengan conexión alguna entre ellos.

Ya que cada actividad específica de una persona, se desarrolla en un ambiente distinto, y por ende un medio sonoro específico en cada instante.

El ruido comunitario, es aquel ruido exterior percibido por el ser humano alrededor de áreas de su desempeño diario.

# 4

## El riesgo: evidencia científica de daños a la salud

---

**E**l oído es esencial para el bienestar y la seguridad (16). Si se toma como base la definición de salud de la OMS, la molestia causada por el ruido puede ser considerada un problema de salud. Se estima que el 22% de la población europea está molesta o muy molesta por el ruido (17).

Hay diversos estudios que se centran en alguno de los efectos adversos sobre la salud atribuidos al ruido, aunque los resultados obtenidos no siempre coinciden o son fiables, debido a errores metodológicos o a la no reproducibilidad de los resultados (17).

Por ejemplo, el impacto del ruido en la presión sanguínea en niños no está claro aún. Hay factores de estilo de vida y de predisposición cuya influencia es difícil de estudiar de forma separada respecto al ruido, es un problema constante en los estudios ambientales. A esto se pueden unir problemas metodológicos como el tamaño del estudio, contraste insuficiente entre niveles de ruido, sesgo de selección, ajuste insuficiente por factores tales como el estatus socioeconómico, antecedentes familiares, el aislamiento sonoro, etnia, etc (18). Un ejemplo de esto es el estudio realizado para valorar el impacto del ruido en la presión sanguínea en niños.

## Ruido y Salud

Según la Comisión Europea, la exposición al ruido perturba el sueño, afecta al desarrollo cognitivo infantil y puede provocar enfermedades psicosomáticas. Según cálculos de la Comisión, los costes externos de la contaminación del aire y del ruido del tráfico ascienden al 0,6% del PIB (19).

La siguiente tabla resume los efectos sobre la salud y un nivel orientativo a partir del cual se pueden producir, según la Organización Mundial de la Salud.

Entorno	Nivel de sonido dB(A)	Tiempo (%)	Efecto sobre la salud
Exterior de viviendas	50 - 55	16	Molestia
Interior de viviendas	35	16	Interferencia con la comunicación
Dormitorios	30	8	Interrupción del sueño
Aulas escolares	35	Duración de la clase	Perturbación de la comunicación
Áreas industriales, comerciales y de tráfico	70	24	Deterioro auditivo
Música en auriculares	85	1	Deterioro auditivo
Actividades de ocio	100	4	Deterioro auditivo

Fuente: Organización Mundial de la Salud (20).

De forma más detallada, el manual de la OMS "Night Noise Guidelines" (21) recoge los efectos sobre la salud provocados por el ruido según el grado de evidencia disponible

**Evidencia suficiente:** se puede establecer una relación causal entre la exposición nocturna a ruido y el efecto sobre la salud. En estudios donde coincidencias, sesgos y distorsiones pueden excluirse, se puede observar la relación. La plausibilidad biológica de que el ruido provoca efectos en salud está también bien establecida.

**Evidencia limitada:** la relación entre el ruido y los efectos sobre la salud no se ha observado directamente pero hay evidencia disponible de buena calidad que apoya la asociación causal. La evidencia indirecta es a menudo abundante, vinculando la exposición al ruido con un efecto intermedio de los cambios fisiológicos que conducen a efectos adversos sobre la salud.

## Ruido y Salud

TABLA 7.- Efectos y umbrales para los que existe evidencia suficiente y límites, según la guía Night Noise Guidelines de la OMS (21)

EVIDENCIA SUFICIENTE			
	Efectos	Indicador	Umbral (dB)
Efectos biológicos	Cambios en la actividad cardiovascular	--	--
	Despertar electroencefalográfico	$L_{A,night}$	35
	Movilidad	$L_{A,night}$	32
Calidad del sueño	Cambios en la duración de varias etapas del sueño, en la estructura del sueño y fragmentación del sueño	$L_{A,night}$	35
	Despertares nocturnos o demasiado temprano	$L_{A,night}$	42
	Prolongación del período de comienzo del sueño, dificultad para quedarse dormido	--	--
	Fragmentación del sueño, reducción del período de sueño	--	--
Bienestar	Incremento de la movilidad media durante el sueño	$L_{A,night}$	42
	Molestias durante el sueño	$L_{A,night}$	42
Condiciones médicas	Uso de somníferos y sedantes	$L_{A,night}$	40
	Insomnio (diagnosticado por un profesional médico)	$L_{A,night}$	42
EVIDENCIA LIMITADA			
	Efectos	Indicador	Umbral (dB)
Efectos biológicos	Cambios en los niveles de hormonas (estrés)	--	--
	Somnolencia, cansancio durante el día	--	--
Bienestar	Incremento en la irritabilidad	--	--
	Deterioro de los contactos sociales	--	--
	Quejas	$L_{A,night}$	35
	Deterioro del rendimiento cognitivo	--	--
Condiciones médicas	Insomnio	--	--
	Hipertensión	$L_{A,night}$ (probablemente depende de la exposición diaria también)	50
	Obesidad	--	--
Condiciones médicas	Depresión (en mujeres)	--	--
	Infarto de miocardio	$L_{A,night}$ (probablemente depende de la exposición diaria también)	50
	Reducción de la esperanza de vida (mortalidad prematura)	--	--
	Desórdenes psíquicos	$L_{A,night}$	60
	Accidentes ocupacionales	--	--

Aspectos importantes en relación a los efectos sobre la salud son la **duración** del ruido y el modo en que se distribuye en el **tiempo** y el espectro de **frecuencias**: los de larga duración y nivel de sonido alto son los más dañinos para el oído y generalmente los más molestos. Los de alta frecuencia tienden a ser de más riesgo auditivo y más molestos que los de baja frecuencia. En cuanto a la distribución en el tiempo, los sonidos intermitentes parecen ser menos dañinos para el oído que los sonidos continuos a causa de la habilidad del oído para regenerarse durante los períodos de silencio. Sin embargo, los sonidos intermitentes (intercalan períodos de silencio) e impulsivos (caracterizados por niveles de sonido relativamente altos y de muy corta duración) tienden a ser más irritantes a causa de su impredecibilidad (7).

Los principales efectos adversos sobre la salud reconocidos por la Organización Mundial de la Salud y otros organismos como la Agencia de Protección Ambiental de EEUU, y el Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS) en sus monográficos sobre criterios de salud ambiental (Environmental Health Criteria) son (13, 22, 23):

- Efectos auditivos: discapacidad auditiva incluyendo tinnitus, (escuchar ruidos en los oídos cuando no existe fuente sonora externa), dolor y fatiga auditiva
- Perturbación del sueño y todas sus consecuencias a largo y corto plazo
- Efectos cardiovasculares
- Respuestas hormonales (hormonas del estrés) y sus posibles consecuencias sobre el metabolismo humano y el sistema inmune
- Rendimiento en el trabajo y la escuela
- Molestia
- Interferencia con el comportamiento social (agresividad, protestas y sensación de desamparo)
- Interferencia con la comunicación oral



## **Anexo [9]**

M. Vázquez y B. Pila, Evaluación de la contaminación acústica en sectores urbanos turísticos y de entretenimiento: caso de estudio sector la mariscal, Quito, 2017 pag. 123-124

123

### **6. Conclusiones y recomendaciones**

#### **6.1 Conclusiones**

Se pudo constatar la afectación de gran cantidad de receptores sensibles en la parroquia. Existen 6 Universidades, más de 15 instituciones educativas secundarias y tecnológicas, más de 20 clínicas y hospitales públicos y privados, aproximadamente 35 oficinas administrativas públicas entre ministerios, consulados, embajadas, decenas de hoteles, centros culturales. Edificaciones cuyos ocupantes requieren desarrollar sus actividades en un ambiente tranquilo y adecuado, acondicionado para que el ruido no sea un factor que deteriore la salud de sus ocupantes.

Se han evaluado los niveles de ruido en la parroquia de La Mariscal usando 33 locaciones de corto plazo y 3 de largo plazo distribuidos por toda la zona de estudio, principalmente en aquella sobre la cual se construyó la hipótesis de este trabajo.

La actividad nocturna en los sitios turísticos y de entretenimiento de la parroquia aportan de manera considerable al ruido ambiental, principalmente por la contribución de fuentes fijas en bares y discotecas.

Estas fuentes están compuestas por sistemas de refuerzo sonoro que operan a niveles muy superiores a los establecidos como límites para el uso de suelo designado para las edificaciones en las que se encuentran.

Adicionalmente se debe tomar en cuenta que estos locales en su gran mayoría no han sido tratados acústicamente, y en varios casos emiten directamente el ruido hacia el exterior.

El ruido ocasionado por las altas concentraciones de personas y vehículos más el emitido por bares y discotecas producen un aumento de aproximadamente 4 dB sobre el nivel de ruido que normalmente existe en el lugar cuando no se desarrollan actividades nocturnas, lo cual se comprobó mediante las mediciones realizadas.

La Plaza del Quinde la cual está ubicada en una intersección de vías locales de sentido único presenta en la noche niveles de ruido comparables a los de una vía arterial de 6 carriles con alto índice de tránsito vehicular durante el día como es el caso de la Avenida Patria.

Aproximadamente el 84% (10.899) de un total de 12.976 habitantes de la población de la parroquia está expuesta durante más de 15 horas a niveles superiores a 55 [dB].

Se evalúan los niveles resultantes de la simulación a través de los receptores de punto único ubicados en cada manzana de la parroquia y se compara con los datos de población provistos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos por sectores y luego distribuyendo esta cantidad por manzanas.

El estudio permitió identificar zonas sensibles como hospitales y centros educativos, los cuales se encuentran expuestos a altos niveles de ruido vehicular que pueden afectar las actividades que allí se realizan.

Existe falta de información con respecto a los niveles de ruido a los cuales se encuentra expuesta la población y de los efectos que estos niveles pueden causar a sus actividades diarias, a su salud y en general a su calidad de vida.

Los estudios ambientales como el presente proyecto son necesarios para una adecuada planificación vial y de ordenamiento territorial, sobre todo en una ciudad como Quito en acelerado crecimiento poblacional.

Con una adecuada socialización de la información y el cumplimiento de la ley, normativas y ordenanzas existentes se puede encaminar a la ciudad a una adecuada evolución arquitectónica altamente funcional para sus habitantes, y además proponer soluciones viables para la congestión de tránsito vehicular y contaminación ambiental existentes en la actualidad.

## WSTĘP

Według danych GUS w 2013 r. na stanowiskach pracy zaliczanych (zgodnie z Polską Klasyfikacją Działalności – PKD) do sekcji „Transport i gospodarka magazynowa” poszkodowanych było ponad 6000 osób, w tym śmierć poniosło 38 osób [1]. Jedną z najczęstszych przyczyn wypadków w magazynie są najechania lub przygniecenia pracowników przez wózki jezdniowe, powszechnie nazywane wózkami widłowymi. Przyczynami wypadków z udziałem wózków jezdniowych są natomiast nieusłyszenie ich przez pracownika, spowodowane tym, że wózek jest za cichy lub pracuje w głośnym środowisku, brak odpowiedniego oddzielenia od siebie dróg przemieszczania się pojazdu i ludzi oraz brak odpowiedniej widoczności z pozycji operatora wózka [2,3].

Jednym ze sposobów zmniejszania liczby niebezpiecznych wydarzeń jest wyposażenie wózków jezdniowych w sygnalizator dźwiękowy, który emituje sygnał bezpieczeństwa umożliwiający usłyszenie go nawet w hałasie o wysokim poziomie [4]. Odbiór dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa jest możliwy jednak wtedy, gdy zostanie on odpowiednio zaprojektowany [4–7]. Należy także mieć na uwadze, że praca w hałasie o wysokim poziomie często wymaga stosowania ochronników słuchu, co może jeszcze bardziej pogorszyć odbieranie dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa [4,8–11].

Celem badań przedstawionych w niniejszym artykule była odpowiedź na pytanie, jaki jest obszar słyszalności dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa emitowanego przez wózek jezdniowy w środowisku pracy, w którym występuje hałas, oraz czy stosowanie ochronników słuchu może pogorszyć słyszalność tego sygnału. W tym celu przeprowadzono pomiary poziomu ciśnienia akustycznego dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa emitowanego przez wózek jezdniowy w 12 kierunkach wokół niego, w odległości 2–10 m od wózka, w środowisku jego eksploatacji. Zmierzono również poziom ciśnienia akustycznego hałasu tła w obszarze przemieszczania się wózka jezdniowego.

Uzyskane dane wykorzystano do wyznaczenia obszarów, w których dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa powinien być prawidłowo odebrany przez pracownika, w przypadku braku ochronników słuchu oraz podczas ich stosowania. Przeprowadzono obliczenia metodologii przedstawionej w normie PN-EN ISO 7731:2009 poświęconej dźwiękowemu sygnałowi bezpieczeństwa dla obszarów publicznych i obszarów pracy [4].

## MATERIAŁ I METODY

### Obiekt badań i miejsce ich przeprowadzenia

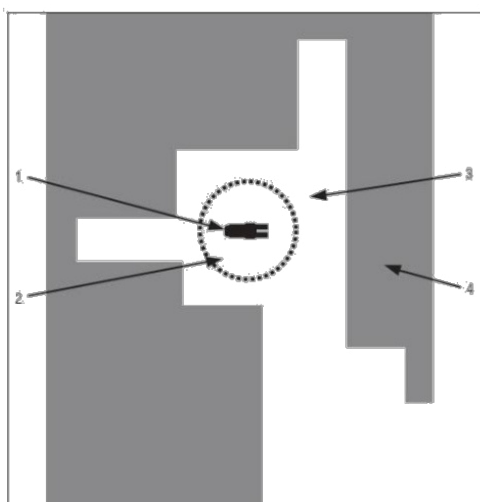
Pomiary poziomu ciśnienia akustycznego dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa przeprowadzono w przypadku wózka jezdniowego (fot. 1) o udźwigu 2500 kg.



Fot. 1. Wózek jezdniowy  
Photo 1. Industrial truck

Badania przeprowadzono w obszarze produkcyjnym, gdzie wytyczone były szlaki do transportu materiału z użyciem wózków jezdniowych. Podłoże, po którym poruszały się wózki, było wykonane z betonu, natomiast wokół dróg transportowych znajdowały się metalowe obiekty o dużych gabarytach, odbijające fale dźwiękowe. Otoczenie miejsca prowadzenia pomiarów schematycznie przedstawiono na rycinie 1.

Do celów niniejszej pracy przeprowadzono również pomiary poziomu ciśnienia akustycznego w oktaowych pasmach częstotliwości w przypadku 2 rodzajów hałasu obecnych w miejscu pracy, w którym przeprowadzono badania.



1 – wózek jezdniowy / industrial truck, 2 – obszar, w którym przeprowadzono badania dźwiękowej sygnalizacji bezpieczeństwa wózka jezdniowego / the area where the tests of auditory danger signal of industrial truck were conducted, 3 – powierzchnia, po której może przemieszczać się wózek jezdniowy / the area where the truck moves, 4 – obszar poza alejkami przeznaczonymi dla wózków jezdniowych, gdzie znajdowały się przedmioty odbijające fale dźwiękowe / the area outside lanes intended for industrial trucks where objects reflecting sound waves were located.

Ryc. 1. Miejsce przeprowadzania badań.  
Fig. 1. Test area

#### Układ pomiarowy i sposób przeprowadzania badań

Układ pomiarowy wykorzystywany do pomiarów poziomu ciśnienia akustycznego dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa emitowanego przez wózek jezdniowy składał się z mikrofonu Brüel & Kjaer 4190 (1/2") z przedwzmacniaczem mikrofonowym Brüel & Kjaer 2669 i kasety pomiarowej Brüel & Kjaer PULSE (prod. Brüel & Kjaer, Dania).

Każda wartość poziomu ciśnienia akustycznego charakteryzująca dźwiękową sygnalizację bezpieczeństwa wózka jezdniowego była uzyskana na podstawie uśrednienia rezultatów 3 pomiarów. Spełniony był przy tym warunek określony w normie dotyczącej metody pomiaru emisji hałasu przez wózki jezdniowe [12], zgodnie z którą różnica między wynikami pojedynczych pomiarów powinna być mniejsza od 2 dB.

Mikrofon pomiarowy podczas badań umieszczano w statywie na wysokości 1,5 m [12]. Pomiar poziomu ciśnienia akustycznego dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa emitowanego przez wózek jezdniowy przeprowadzono w odległościach: 2 m, 4 m, 8 m i 10 m,

mierzonych od skrajy wózka z pominięciem jego widel [12]. Badania wykonano w 12 równomiernie rozłożonych kierunkach, co 30°.

W ramach badań przeprowadzono pomiary równoważnego poziomu dźwięku A oraz poziomu ciśnienia akustycznego w oktaowych pasmach częstotliwości dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa emitowanego przez wózek jezdniowy w warunkach braku hałasu otoczenia.

#### Kryterium oceny słyszalności dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa

Kryteria odnoszące się do rozpoznawania dźwiękowych sygnałów bezpieczeństwa, w szczególności w przypadku hałasu otoczenia o wysokim poziomie, podano w normie PN-EN ISO 7731:2009 [4]. Zgodnie z założeniami tej normy dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa powinien niezawodnie zwrócić uwagę na zagrożenie, także w sytuacji noszenia ochronników słuchu, bez spowodowania przestraszenia osoby. Dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa powinien spełniać wiele dodatkowych wymagań dotyczących m.in. słyszalności i możliwości odróżniania go od innych dźwięków.

Spełnienie warunku słyszalności oznacza, że w obszarze odbioru dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa równoważny poziom dźwięku A nie powinien być niższy niż 65 dB. Powinien być spełniony także 2 warunek, który uwzględnia relację między parametrami hałasu otoczenia a parametrami dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa. Spełnienie tego warunku wymaga prowadzenia analizy w oparciu o równoważny poziom dźwięku A lub poziom ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych albo tercjowych częstotliwości.

W przypadku równoważnego poziomu dźwięku A dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa i hałasu otoczenia różnica między tymi poziomami musi przekraczać 15 dB. Z kolei poziom ciśnienia akustycznego dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa w co najmniej jednym pasmie oktaowym częstotliwości musi przewyższać tzw. równoważny próg słyszenia (wyznaczany na podstawie poziomu ciśnienia akustycznego zmierzonego w pasmach oktaowych dla hałasu tła) w tej samej oktawie o co najmniej 10 dB.

Analiza z podziałem na pasma częstotliwości uwzględniająca charakter częstotliwościowy hałasu otoczenia sprawia, że można zastosować sygnał bezpieczeństwa o niższym poziomie niż w przypadku mniej precyzyjnej analizy, w której wykorzystuje się równoważny poziom dźwięku A.

W niniejszej pracy ocenę dźwiękowej sygnalizacji bezpieczeństwa prowadzono w pasmach oktaowych,

co poza omówionym wyżej poziomem sygnału bezpieczeństwa pozwoliło uwzględnić w analizie charakterystykę tłumienia dźwięku ochronników słuchu stosowanych na jednym ze stanowisk pracy.

W przypadku analizy prowadzonej w oktaowych pasmach częstotliwości można więc wyznaczyć wartość graniczną poziomu ciśnienia akustycznego  $L_{s(n)}$  w  $n$ -tym pasmie oktaowym – w którym emitowany jest dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa – korzystając z zależności [1]:

$$L_{s(n)} = L_{r(n)} + 10 \text{ dB} \quad (1)$$

gdzie:

$L_{r(n)}$  – wartość równoważnego progu słyszenia w pasmie oktaowym, w którym generowany jest dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa;

$n$  – numer rozpatrywanego pasma oktaowego.

Jak już wspomniano, równoważny próg słyszenia ( $L_r$ ) wyznaczany jest na podstawie poziomu ciśnienia akustycznego  $L_{sp}$  zmierzonego w pasmach oktaowych dla hałasu otoczenia [4]. Odzwierciedla on możliwość usłyszenia dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa w obecności hałasu o określonych parametrach, przy uwzględnieniu zjawiska maskowania. Równoważny próg słyszenia w przypadku oktawy o najniższej rozpatrywanej częstotliwości środkowej (63 Hz) jest równy wartości poziomu ciśnienia akustycznego charakteryzującego hałas w tej oktawie:

$$L_{r(1)} = L_{N(1)} \quad (2)$$

gdzie:

1 – najniższa uwzględniona w pomiarach częstotliwość środkowa pasma oktaowego.

Dla oktaw o pozostałych częstotliwościach środkowych (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz) równoważny próg słyszenia wyznacza się na podstawie zależności [3]:

$$L_{r(i)} = \text{maksimum} (L_{N(i)}, L_{r(1)} - 7,5 \text{ dB}) \quad (3)$$

gdzie:

$i = 2 - 8$  – numer oktawy o częstotliwości środkowej z zakresu odpowiednio od 125 Hz do 8000 Hz.

W przypadku stosowania ochronników słuchu wyznaczenie równoważnego progu słyszenia należy poprzedzić uwzględnieniem charakterystyki tłumienia dźwięku  $M_f$  (wartości średnie) tych ochronników. Zmierzone wartości poziomu ciśnienia akustycznego charakteryzującego hałas  $L_N$  w pasmach oktaowych należy skorygować o wartości tłumienia dźwięku, wyznaczając wartość  $L'_N$  zgodnie z zależnością [4]. Obliczone na podstawie  $L'_N$  wartości równoważnego progu słyszenia oznaczane są symbolem  $L'_{r(i)}$ .

$$L'_{r(i)} = L_N - M_f \quad (4)$$

Ponadto analiza z uwzględnieniem stosowania ochronnika słuchu musi zawierać inny sposób wyznaczenia wartości granicznej poziomu ciśnienia akustycznego  $L_g$  [5]:

$$L_{g(n)} = L'_{r(n)} + M_{(n)} + 10 \text{ dB} \quad (5)$$

gdzie:

$M_{(n)}$  – wartość średnia tłumienia dźwięku ochronnika słuchu w pasmie oktaowym, w którym emitowany jest dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa;

$n$  – numer rozpatrywanego pasma oktaowego.

Ostatecznie dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa w określonym miejscu można uznać za słyszalny, kiedy równoważny poziom dźwięku A sygnału bezpieczeństwa w tym miejscu będzie przekraczał 65 dB, a jednocześnie poziom ciśnienia akustycznego w  $n$ -tym pasmie oktaowym, w którym generowany jest dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa, będzie przekraczał wartość graniczną poziomu ciśnienia akustycznego  $L_{g(n)}$ . W związku z tym w dalszej części niniejszej pracy przeanalizowano słyszalność dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa emitowanego przez wózek jezdniowy z uwzględnieniem obu wymienionych warunków.

## WYNIKI

Na rycinie 2. zamieszczono wartości poziomu ciśnienia akustycznego dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa wózka jezdniowego, zmierzone w pasmach oktaowych na wprost wózka, w odległości 8 m od niego. Wyniki tego pomiaru wskazują, że dominujący zakres częstotliwości emitowanego sygnału dźwiękowego przypada na oktawę o częstotliwości środkowej 500 Hz.



## Anexo [11]

J. Alonso , Discriminación del estado de la carretera mediante procesado acustico en vehículo, Tesis doctoral, Madrid, 2014

25/5/2021

Discriminación del estado de la carretera mediante procesado acústico en vehículo - Archivo Digital UPM

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alonso Fernández, Jesús</li></ul>
<b>Director/es:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• López Navarro, Juan Manuel</li><li>• Pavón García, Ignacio</li></ul>
<b>Tipo de Documento:</b>	Tesis (Doctoral)
<b>Fecha:</b>	2014
<b>Materias:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="#">Ingeniería Industrial</a></li></ul>
<b>Escuela:</b>	<a href="#">E.T.S.I. Industriales (UPM)</a>
<b>Departamento:</b>	<a href="#">Ingeniería Mecánica</a>
<b>Licencias Creative Commons:</b>	Reconocimiento - Sin obra derivada - No comercial

### Texto completo



Vista  
Previa

PDF (Document Portable Format) - Se necesita un visor de ficheros PDF, como [GSview](#), [Xpdf](#) o [Adobe Acrobat Reader](#)  
[Descargar](#) (13MB) | [Vista Previa](#)

### Resumen

La rápida adopción de dispositivos electrónicos en el automóvil, ha contribuido a mejorar en gran medida la seguridad y el confort. Desde principios del siglo 20, la investigación en sistemas de seguridad activa ha originado el desarrollo de tecnologías como ABS (Antilock Brake System), TCS (Traction Control System) y ESP (Electronic Stability Program). El coste de despliegue de estos sistemas es crítico: históricamente, sólo han sido ampliamente adoptados cuando el precio de los sensores y la electrónica necesarios para su construcción ha caído hasta un valor marginal. Hoy en día, los vehículos a motor incluyen un amplio rango de sensores para implementar las funciones de seguridad. La incorporación de sistemas que detecten la presencia de agua, hielo o nieve en la vía es un factor adicional que podría ayudar a evitar situaciones de riesgo. Existen algunas implementaciones prácticas capaces de detectar carreteras mojadas, heladas y nevadas, aunque con limitaciones importantes. En esta tesis doctoral, se propone una aproximación novedosa al problema, basada en el análisis del ruido de rodadura generado durante la conducción. El ruido de rodadura es capturado y preprocesado. Después es analizado utilizando un clasificador basado en máquinas de vectores soporte (SVM), con el fin de generar una estimación del estado del firme. Todas estas operaciones se realizan en el propio vehículo. El sistema propuesto se ha desarrollado y evaluado utilizando Matlab, mostrando tasas de aciertos de más del 90%. Se ha realizado una implementación en tiempo real, utilizando un prototipo basado en DSP. Después se han introducido varias optimizaciones para permitir que el sistema sea realizable usando un microcontrolador de propósito general. Finalmente se ha realizado una implementación hardware basada en un microcontrolador, integrándola estrechamente con las ECU del vehículo, pudiendo obtener datos capturados por los sensores del mismo y enviar las estimaciones del estado del firme. El sistema resultante ha sido patentado, y destaca por su elevada tasa de aciertos con un tamaño, consumo y coste reducidos. ABSTRACT Proliferation of automotive electronics, has greatly improved driving safety and comfort. Since the beginning of the 20th century, investigation in active safety systems has resulted in the development of technologies such as ABS (Antilock Brake System), TCS (Traction Control System) and ESP (Electronic Stability Program). Deployment cost of these systems is critical: historically, they have been widely adopted only when the price of the sensors and electronics needed to build them has been cut to a marginal value. Nowadays, motor vehicles include a wide range of sensors to implement the safety functions. Incorporation of systems capable of detecting water, ice or snow on the road is an additional factor that could help avoiding risky



situations. There are some implementations capable of detecting wet, icy and snowy roads, although with important limitations. In this PhD Thesis, a novel approach is proposed, based on the analysis of the tyre/road noise radiated during driving. Tyre/road noise is captured and pre-processed. Then it is analysed using a Support Vector Machine (SVM) based classifier, to output an estimation of the road status. All these operations are performed on-board. Proposed system is developed and evaluated using Matlab, showing success rates greater than 90%. A real time implementation is carried out using a DSP based prototype. Several optimizations are introduced enabling the system to work using a low-cost general purpose microcontroller. Finally a microcontroller based hardware implementation is developed. This implementation is tightly integrated with the vehicle ECUs, allowing it to obtain data captured by its sensors, and to send the road status estimations. Resulting system has been patented, and is notable because of its high hit rate, small size, low power consumption and low cost.

## Anexo [12]

Journal of negative and no positive results, pag. 538



La contaminación es uno de los problemas más graves a nivel mundial y es una silenciosa amenaza para la vida <sup>(4)</sup>. Las causas que provocan la contaminación de un sitio son muy diversas. Algunas de las más comunes son la disposición inadecuada de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP) en terrenos baldíos, bodegas, almacenes y patios de las industrias; las fugas de materiales o RP de tanques y contenedores subterráneos, tuberías y ductos; la lixiviación de materiales en sitios de almacenamiento y donde se desarrollan actividades productivas, o bien, de rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto y por los derrames accidentales de sustancias químicas durante su transporte <sup>(5)</sup>.

La contaminación del aire puede definirse como la modificación indeseable del ambiente, causada por la introducción a este de agentes físicos, químicos o biológicos en mayores cantidades, que resulta nociva para la salud humana, daña los recursos naturales o altera el equilibrio ecológico <sup>(6)</sup>, la contaminación del suelo puede entenderse como una degradación química y, por tanto, como un proceso o procesos que conllevan a la pérdida de productividad, esto sucede cuando el suelo recibe sustancias tóxicas en concentraciones que superan su capacidad natural de autodepuración <sup>(7)</sup>. El agua potable está amenazada por la continua contaminación que genera la actividad humana y por la disminución de los recursos hídricos como consecuencia del calentamiento global <sup>(8)</sup>. El 97.2% del agua en el planeta Tierra es salina y solo el 2.5% corresponde a agua fresca; de ese 2.5%, 30% es subterránea, 68% está en los glaciares y otras capas de nieve y solo el 1.2% es superficial y se encuentra en ríos, lagos y otras formas de agua de superficie <sup>(9)</sup>.

De acuerdo con el informe Drinking Water realizado por la Organización Mundial de la Salud en el año 2017 el 71% de la población mundial (5.3 billones de personas), tiene acceso al servicio de agua apta para consumo y este porcentaje continuará disminuyendo, por lo que se predice que para el año 2025 la mitad de la población estará viviendo en áreas de agua con problemáticas <sup>(10)</sup>. La alta contaminación de agua fresca se traduce en problemas de salud pública que afectan no solo las poblaciones humanas y animales, sino también el ambiente natural en general. Las tasas elevadas de morbimortalidad infantil por enfermedad diarreica aguda es un claro ejemplo de los resultados de la contaminación del agua. Se estima que 1 800 millones de personas en el mundo consumen agua contaminada con heces fecales <sup>(11)</sup>.

La producción y el consumo de bienes y servicios generan inevitablemente algún tipo de residuos, éstos pueden ser sólidos (ya sea de naturaleza orgánica o inorgánica), líquidos (que incluyen a los que se vierten disueltos como parte de las aguas residuales) y los que escapan en forma de gases, todos ellos, en función de su composición, tasa de generación y

## Anexo [13]

Ministerio del Ambiente, Acuerdo Ministerial No. 028, pag. 3

Edición Especial N° 270 - Registro Oficial - Viernes 13 de febrero de 2015 -- 3

No. 028

**Lorena Tapia Núñez**  
**Ministra del Ambiente**

### Considerando:

Que, los numerales 1, 5 y 7 del artículo 3, de la Constitución de la República del Ecuador establece como deberes primordiales del Estado: Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los Instrumentos Internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes; planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir; y, proteger el patrimonio natural y cultural del país;

Que, los numerales 3, 4, 5, 6 y 8 del artículo 11 de la Constitución de la República del Ecuador establecen como principios para la aplicación de los derechos los siguientes: Los derechos serán plenamente justiciables; no podrá alegarse falta de norma jurídica para justificar su violación o desconocimiento para desechar la acción por esos hechos ni para negar su reconocimiento; ninguna norma jurídica podrá restringir el contenido de los derechos ni de las garantías constitucionales; en materia de derechos y garantías constitucionales, las servidoras y servidores públicos, administrativos o judiciales, deberán aplicar la norma y la interpretación que más favorezcan su efectiva vigencia, todos los principios y los derechos son inalienables, irrenunciables, indivisibles, interdependientes y de igual jerarquía; el contenido de los derechos se desarrollará de manera progresiva a través de las normas, la jurisprudencia y las políticas públicas; el Estado generará y garantizará las condiciones necesarias para su pleno reconocimiento y ejercicio; y será inconstitucional cualquier acción u omisión de carácter regresivo que disminuya, menoscabe o anule injustificadamente el ejercicio de los derechos;

Que, el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador reconoce: el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*; declara además de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados;

Que, el artículo 15 de la Constitución de la República del Ecuador establece: que el Estado promoverá, en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto; que la soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua; que se prohíbe el desarrollo, producción,

tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional;

Que, numeral 27 del artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce y garantiza a las personas, el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza;

Que, el artículo 71 de la Constitución de la República del Ecuador señala que la naturaleza o *Pacha Mama*, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, por ello toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza; que para aplicar e interpretar estos derechos se observará los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda; y que en ese sentido, el Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema;

Que, el artículo 72 de la Constitución de la República del Ecuador se establece que la naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas;

Que, el artículo 73 de la Constitución de la República del Ecuador señala que el Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales; y que se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional;

Que, los numerales 3 y 6 del artículo 83 de la Constitución de la República del Ecuador, establecen como deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la Ley el defender la integridad territorial del Ecuador y sus

## Anexo [14]

### Contaminación Acústica y Ruido,» España, Ecologistas en Acción, 2015. Pag. 13

tiempo, como por ejemplo el paso de un vehículo. El tiempo de agregación es normalmente 125 ms

- ▶ SEL: Sound Exposure Level (Nivel de exposición al sonido), nivel de presión sonora media en un intervalo de 1 sec

Los siguientes indicadores pueden ser de un día, de todos los días de un mes o incluso la media de todos los días de un año, como se indican en la Directiva europea y la Ley estatal.

- ▶  $L_d$  (d=day): Presión sonora media de las 12 horas diurnas, 7:00- 19:00.
- ▶  $L_e$  (e=evening): Presión sonora media de las 4 horas vespertinas, 19:00- 23:00
- ▶  $L_n$  (n=night): Presión sonora media de las 8 horas nocturnas, 23:00-7:00
- ▶  $L_{24h}$ : Presión sonora media de un día entero (24 h)
- ▶  $L_{dn}$ : Presión sonora media de un día entero (24 h), con los valores del periodo nocturno penalizados (incrementados) por 10 dB para considerar los límites legales más bajos para el periodo de noche.
- ▶  $L_{d+n}$ : Presión sonora media de un día entero (24 h), con los valores del periodo nocturno aumentados por 10 dB y de los vespertinos 5 dB antes de calcular la media. De esta manera, se tienen en cuenta los límites legales más estrictos para el periodo nocturno y vespertino dentro del indicador, y se aplican luego los límites legales para los periodos diurnos.

La UE recomienda el uso de los indicadores  $L_d$  y  $L_{dn}$  para la evaluación de los impactos y la elaboración de los mapas de ruido.



## Normativa sobre el ruido

### La contaminación acústica

La contaminación acústica se define como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente.

Los primeros que desarrollaron ordenanzas contra el ruido fueron los Ayuntamientos. Posteriormente, algunas Comunidades Autónomas promulgaron leyes para que sirvieran de marco general. Finalmente, el Gobierno se vio obligado a unificar una legislación caótica siguiendo además directivas de la Unión Europea (Directiva sobre Ruido Ambiental 2002/49/CE). Esta norma requiere a los países localizar las zonas de alta contaminación acústica y reducir sus niveles, sin especificar valores límite.

### La Ley del Ruido de 2003

En el año 2003 se aprobó la Ley del Ruido<sup>2</sup> que tiene como objetivo prevenir, vigilar y reducir los niveles de contaminación acústica, para evitar molestias y daños a la salud y al medioambiente, y garantizar así los derechos constitucionales en relación con la emisión de ruidos molestos.

Esta ley se centra en el ruido ambiental, definido como el sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, emitido por medios de transporte, tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por actividades industriales. Por tanto, excluye la contaminación acústica originada por actividades domésticas o relaciones de vecindad, siempre y cuando no exceda los límites tolerables de conformidad con los usos locales.

Su finalidad es determinar la exposición al ruido ambiental mediante la definición

<sup>2</sup> Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

## Anexo [15]

Centro de estudio de transporte CEDEX, *Evaluación del ruido de rodadura en carreteras*, España, 2006. Pag. 6

Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental 2007/2008



Fuente emisora	V = 50 km/h		V = 80 km/h	
	Vehículos ligeros	Vehículos pesados	Vehículos ligeros	Vehículos pesados
Admisión/Escape	10-35%	0-10%	15 – 35 %	50 – 70 %
Radiación del sistema escape	10-35%	20-60%		
Bloque motor	20-50%	10 – 80 %		
Caja/transmisión	5-35%			
Ventilador/Radiador	0-30%	0 – 65 %		
Contacto neumático/calzada	≤ 15 %	≤ 15 %	65 – 85 %*	30 – 50 %*

\* Revestimientos de calzada corrientes

TABLA 1: CONTRIBUCIÓN DE LAS DIFERENTES FUENTES AL RUIDO TOTAL EMITIDO POR UN VEHÍCULO

### 1.2. Influencia del tipo de pavimento

La carretera ocupa una zona de terreno, (explanada), que normalmente se ha modificado del terreno original. Los firmes de carreteras son una serie de capas superpuestas, relativamente horizontales y de varios centímetros de espesor de materiales adecuadamente compactados. Los firmes se apoyan sobre la explanada y han de soportar las cargas del tráfico durante varios años.

Uno de los objetivos que se persigue en el diseño y en construcción de las carreteras, es el de permitir una rodadura cómoda y segura para que cumpla sus funciones durante un periodo de vida determinado. Las características superficiales del firme son la regularidad, resistencia al deslizamiento, textura, drenabilidad, permeabilidad, propiedades ópticas y el ruido.

Las innovaciones en el diseño de los pavimentos permiten mejorar las circulaciones de los vehículos por la lluvia, para permitir reducir el agua de escorrentía superficial, y evitar el fenómeno de hidropelaneo hicieron posible la aparición de materiales porosos o drenantes. Las mezclas bituminosas drenantes con un contenido de huecos mayor del 20 % se comportan como un lecho poroso que absorbe los niveles sonoros.

Las ventajas de las mezclas bituminosas drenantes se basan en la disminución de la proyección de agua debido al paso de los vehículos (mejora la visibilidad), decrece el ruido de rodadura, el pavimento tiene cierta capacidad de absorción acústica, y disminuye las reflexiones de la luz sobre la superficie de la carretera.

Sin embargo entre los inconvenientes de estos materiales se encuentran su menor estabilidad mecánica y durabilidad, la mayor sensibilidad al ataque por derrames de combustibles y a roturas del material por esfuerzos tangenciales. Se colmatan a corto plazo, disminuye su contribución a la capacidad portante del firme, y proporciona una excesiva sensación de seguridad (sobre todo si el pavimento está mojado).



## Anexo [16]

Efectos del ruido urbanos sobre la salud: Estudio de análisis de series temporales realizados en Madrid,» p. 4-10, 2016

### 1.2. DE UN PROBLEMA DE SALUD LABORAL A UNO DE SALUD PÚBLICA

En principio, los efectos de la contaminación acústica sobre la salud se manifestaban en personas que en su ambiente laboral se veían sometidas a altos niveles de ruido y se limitaban a problemas auditivos como el desplazamiento del umbral de audición, acúfenos y pérdida de audición. De hecho, la legislación reconoce la sordera como enfermedad profesional producida por el ruido. Además de estos problemas auditivos relacionados con el ambiente laboral había otros menos objetivos como las «molestias»: perturbaciones del sueño, estrés, dolor de cabeza...y más tarde, también en el ámbito laboral, se comenzaron a detectar trastornos cardiovasculares y otras patologías relacionadas con respuestas hormonales. Lejos de ser patologías banales, los problemas relacionados con el ruido en ambiente laboral, incluyen variaciones en la presión arterial. Se ha relacionado con la HTA e incluso se han establecido asociaciones entre los niveles de ruido en ambiente laboral y un aumento del riesgo de sufrir patologías cardiovasculares más graves como ictus, infartos y, por tanto, con un aumento de riesgo de la mortalidad por estas causas. En un ambiente laboral el tipo de exposición a este contaminante atmosférico de tipo físico generalmente estaba relacionada con altas intensidades sonoras y se regulaba con la exposición del trabajador a cortos periodos de tiempo. Por tanto, el problema se circunscribía a un reducido grupo de personas. Posteriores estudios mostraron que no sólo la exposición a altas intensidades de ruido durante cortos periodos de tiempo producía efectos en salud, si no que largas exposiciones a intensidades sonoras más bajas tenían efectos similares. De este modo, se empezaron a relacionar patologías similares a las anteriormente descritas para el ambiente laboral, en personas que si bien, no estaban expuestas a grandes niveles sonoros, si lo estaban durante un periodo de tiempo mayor. Se iniciaron los estudios en entornos abiertos especialmente ruidosos como son las proximidades de los aeropuertos, donde se detectaron patologías en los residentes en estas zonas similares a las descritas para el ambiente laboral. Más tarde estas investigaciones se extendieron a la totalidad de los habitantes de la ciudad. El problema pasó así de ser un problema laboral a ser un problema ambiental y, por tanto, de ser un grupo reducido el de personas expuestas a ser un problema de salud pública que implica a millones de personas (Tobías *et al.* 2013).

### 1.3. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD: EFECTOS AUDITIVOS Y NO AUDITIVOS DEL RUIDO

Los *efectos adversos* se definen como cambios en la morfología y fisiología de un organismo que derivan en un desajuste de su capacidad funcional o en un fallo para compensar el estrés adicional, o bien en un aumento de su susceptibilidad frente a los efectos dañinos de otras influencias ambientales (WHO 2000). Los *efectos adversos del ruido* incluyen tanto alteraciones en el oído como en la morfología y fisiología de otros órganos y sistemas no directamente relacionados con el proceso de audición

(Basner *et al.* 2014). Cada año, la exposición al ruido ambiental genera en la UE la pérdida de 1,688,000 años de vida saludable por discapacidad (DALY) (WHO 2011).

### Efectos auditivos

- *Pérdida de audición.* Sucede cuando el individuo experimenta un aumento en el umbral de la audición, debido a una alteración morfológica de las células ciliadas internas de la cóclea, conectadas al nervio auditivo. Es la amenaza ocupacional irreversible más prevalente en todo el mundo. El ruido ambiental es también un creciente factor de riesgo de daño auditivo en el mundo desarrollado.
- *Reclutamiento coclear.* Percepción anormal de los niveles sonoros, habitualmente unida a la pérdida de audición.
- *Tinnitus o acúfenos.* Sonidos o efectos sonoros generados por el oído interno. Pueden ser permanentes en caso de largas exposiciones al ruido ocupacional. Afectan a la calidad de vida de diversas formas: interrupciones del sueño, depresión, incapacidad para mantener la atención, etc. Son responsables del 1,3% de los años de vida saludable perdidos cada año en la UE debido a la exposición al ruido ambiental.

### Efectos no auditivos

- *Molestia e irritabilidad.* Se puede definir «molestia» como una sensación de incomodidad asociada a cualquier factor o condición que un individuo o grupo de individuos considera que le está causando efectos adversos (WHO 2000). Una primera manifestación de molestia iría asociada a la interferencia con la comunicación verbal ocasionada por el ruido, dando lugar a fatiga, incertidumbre, pérdida de confianza, interpretaciones erróneas, irritación y otros efectos que pueden derivar en estrés. Otras reacciones negativas causadas por el ruido y englobadas dentro del término de «molestia» son: insatisfacción, decepción, nerviosismo, agitación, irritabilidad, ira, desesperación, ansiedad, agresividad, etc. Todas estas reacciones están vinculadas a una mayor o menor carga de estrés psicológico, que conduce a determinadas respuestas fisiológicas y posibles efectos adversos orgánicos. El grado de molestia depende no sólo de las características del ruido (fuente, nivel, contenido en bajas frecuencias...) sino también, y en buena medida, de las características de cada persona (sensibilidad, capacidad de manejo del estrés, situación emocional actual, estado de salud actual, sensación de indefensión o impotencia en el control de la fuente sonora, miedo a dicha fuente, etc.). Es el efecto no auditivo más prevalente y se le atribuye en la UE el 39% de la carga de enfermedad anual (DALY) por la exposición al ruido ambiental.
- *Alteraciones del sueño.* Es uno de los principales efectos adversos del ruido ambiental. En esta categoría se incluye la dificultad para conciliar el sueño, los despertares o interrupciones del sueño, y las perturbaciones de la calidad del sueño que alteran su profundidad o la adecuada sucesión de las diferentes fases. Efectos fisiológicos destacables de las alteraciones del sueño por el ruido son: aumento de la presión arterial, aumento de la frecuencia cardíaca, arritmia cardíaca, vasoconstricción, cambios en la respiración, etc. Efectos que se manifiestan al día siguiente son: fatiga, decaimiento, torpeza, bajo



rendimiento, aumento de la sensibilidad al ruido diurno (con la consiguiente mayor sensación de molestia), etc. Los efectos adversos del ruido nocturno dependen del nivel del ruido de fondo, de los valores máximos, del número de eventos puntuales y de la diferencia de nivel entre dichos eventos y el ruido de fondo, así como de ciertas características del ruido como son el contenido tonal y la proporción de frecuencias bajas. Se le atribuye un 54% de los años de vida saludable perdidos anualmente en la UE debido a la exposición al ruido ambiental.

- *Estrés fisiológico.* La exposición al ruido es un factor de estrés orgánico, temporal o permanente, que se manifiesta principalmente en aumentos de la tensión arterial, alteraciones de la frecuencia cardíaca y vasoconstricción, que son procesos mediados por una sobreactivación del sistema nervioso autónomo y endocrino, y que tras exposiciones prolongadas pueden derivar en HTA y enfermedades cardiovasculares. Estos efectos parecen ser mayores con el ruido nocturno que con el diurno, tal vez por la mayor dificultad de adaptación del individuo al primero, al no mediar la consciencia. Otros efectos más complejos relacionados con la exposición continua a niveles de ruido elevados son el aumento de la viscosidad de la sangre (factores de coagulación) y el aumento de la concentración de lípidos y glucosa en sangre, potenciales factores de riesgo para el desarrollo de arteriosclerosis y diabetes. Cada año, un 3,6% de los años de vida saludable perdidos en la UE debido a la exposición al ruido ambiental se atribuyen a la enfermedad isquémica del corazón.
- *Problemas cognitivos.* Se producen como consecuencia de los efectos anteriores, y son especialmente prevalentes en niños entre 7 y 19 años. Incluyen dificultad para aprender y disminución del rendimiento escolar, y se asocian sobre todo al ruido del tráfico aéreo. Serían causa de un 2,7% de años de vida saludable perdidos anualmente en la UE por la exposición al ruido ambiental.
- *Disfunción vestibular.* Incluye síntomas como vértigo, náuseas y nistagmus. Es un fenómeno poco estudiado, y aunque la evidencia es aún limitada, podría producirse por el ruido a muy baja frecuencia en los rangos audible e inaudible, pues se ha encontrado asociación con el denominado «síndrome de la turbina de aire» y la instalación creciente de aerogeneradores en las proximidades de núcleos urbanos (Harrison 2014).

A los trastornos auditivos anteriormente citados hay que añadir otros trastornos que tienen su origen en haber estado sometidos a dosis altas de ruido. Así, por ejemplo, un estudio realizado en Francia sobre 2000 personas sometidas a niveles de ruido superiores a 85 dB(A) mostró una serie de patologías que no se daban en otro grupo similar de personas pero no expuestas a esos niveles tan altos de ruido. Se detectó que los expuestos presentaban un 12% más de problemas cardiovasculares, un 37% más de problemas neurológicos y un 10% más de problemas digestivos. Otro estudio similar realizado con personas en las proximidades del aeropuerto de Los Ángeles mostró un aumento del 18% sobre la media de enfermedades vasculares con resultado de muerte. La relación entre ruido e HTA ha quedado clara en diversos estudios y de hecho, en la Conferencia de Estocolmo sobre el ruido, en 1988, el ruido aparece como un factor de riesgo de HTA. Ha quedado demostrado que ruidos intensos entre 95 y 105 dB(A) son capaces de provocar una vasoconstricción de las arterias con el consiguiente aumento de la presión arterial. Esta relación entre el



ruido y la actividad cardiovascular tiene su efecto sobre el sueño, ya ha quedado demostrado que ruidos con Leq noche de 35 dB(A) o picos superiores a 50 dB(A) impiden conciliar el sueño paradójal y provocan fatiga nerviosa (Ohrstrom *et al.*, 1998).

Según el informe «Ruido y Salud» del Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (OSMAN) (OSMAN, 2012), estudios realizados sobre ruido ambiental muestran una asociación entre la exposición al ruido y la enfermedad cardiovascular. Según expertos de la OMS, hay evidencia suficiente de la asociación entre ruido de tráfico y las enfermedades isquémicas cardíacas (aquellas en que hay daño celular por falta de riego sanguíneo y aporte de oxígeno a los tejidos, como la angina de pecho y el IAM), y evidencia limitada/suficiente de asociación entre el ruido comunitario y la HTA, que en sí misma ya es un importantísimo factor de riesgo cardiovascular. Las investigaciones parecen mostrar que el incremento de riesgo para una enfermedad cardiovascular inducida por el ruido es en general de magnitud moderada, pero sin embargo es de gran importancia desde el punto de vista de la salud pública, por el gran número de personas a riesgo (los expuestos al ruido son muchos) y porque el ruido al que estamos expuestos continúa aumentando y en ocasiones es muy difícil luchar contra él. Sus efectos sobre la salud individual y colectiva no son desdeñables. En este sentido, el estudio «Burden of Disease from Environmental Noise» (Carga de Enfermedad por Ruido Ambiental) (WHO 2011) ha estimado que en Europa se pierden anualmente 61.000 años de vida saludable por discapacidad sólo a causa de la cardiopatía isquémica atribuible a ruido ambiental. Un aspecto interesante es que estos efectos cardiovasculares del ruido son independientes de las molestias y perturbaciones en el sueño que el ruido también ocasiona. Quiere decir que el ruido que no interfiere con el sueño, también puede provocar respuestas autónomas como las descritas. Por tanto, no se da un acostumbramiento completo al ruido nocturno y la persona que duerme sigue presentando reactividad cardiovascular frente al ruido. En el estudio anteriormente citado, la asociación entre nivel de ruido y resultados cardiovasculares era más fuerte con respecto a la exposición al ruido durante la noche que al diurno.

En la publicación del OSMAN anteriormente citada, se lleva a cabo una revisión y síntesis de los principales estudios sobre los efectos cardiovasculares del ruido. Entre ellos: el estudio NAROMI (Noise burden and the risk of myocardial infarction / carga de ruido y riesgo de IAM), hallándose que la exposición crónica al ruido estaba asociada con un incremento entre suave y moderado del riesgo de IAM, tanto en hombres como en mujeres (Willich *et al.* 2012). Sin embargo, no encontró que ese efecto fuera dependiente de la presión sonora a la que se encontraban expuestos (un aspecto interesante es que contempla la posibilidad, cada vez más considerada, de que la contaminación del aire y la exposición crónica al ruido estén relacionadas e incluso interactúen en el aumento del riesgo de enfermedades cardíacas y pulmonares. El estudio HYENA (*Hypertension an exposure to noise near airports* / HTA y exposición al ruido de aeropuertos) fue el primer estudio multicéntrico (realizado en varios lugares a la vez) en valorar los efectos de la exposición al ruido de aviones y tráfico rodado sobre la presión sanguínea y la patología cardíaca (Jarup *et al.* 2008). En él los investigadores encontraron relaciones significativas exposición-respuesta entre la exposición al ruido nocturno de aviones, la media diaria de ruido de tráfico rodado y el riesgo de HTA. El estudio LARES (*Large analysis an review of european housing and health status* / análisis y revisión de la vivienda en Europa y el estado de salud) confirmó que la molestia crónica por ruido de tráfico se asocia con un aumento del riesgo para el sistema cardiovascular en adultos (de 18 a 59 años).

Curiosamente también se mostraron efectos en el sistema locomotor sensible al estrés, como los síntomas artríticos, y en el sistema neuro-psíquico. Los riesgos para los niños que mostraron una percepción de molestia elevada por ruido fueron mayores que para los adultos (WHO, 2007). Más estudios sobre exposición a ruido de tráfico y efectos cardiovasculares muestran un incremento del riesgo relativo (RR) de la enfermedad isquémica del corazón siempre que el ruido de tráfico del día excediera los 65 dB(A). Otros concluyen que las personas expuestas a ruido de tráfico mayor o igual a 50 dB(A) tienen un riesgo incrementado para el IAM comparado con los sujetos expuestos a menos de 50 dB(A) y este efecto era así incluso excluyendo a los expuestos a ruidos de otras fuentes o con pérdida auditiva. También se ha visto que el ruido provoca efectos cardiovasculares durante el sueño. Por sí mismo, el sueño interrumpido puede ser un factor de riesgo para el IAM. Además de estos estudios epidemiológicos observacionales, también se han realizado estudios experimentales en los que se demuestra que la exposición a ruido ambiental por encima de 55 dB(A) a una muestra de jóvenes provoca aumentos directos de la presión sanguínea, siendo mayores en las mujeres que en los hombres.

Por otro lado existen diversas publicaciones, la mayoría en los últimos años, que relacionan el ruido ambiental con problemas psiquiátricos. En esta línea está el trabajo realizado en Japón (Yosida and Osada, 1997), que mostró una asociación entre el ruido de tráfico en 24 horas con un aumento de molestias generalizadas y existencia de efectos medidos en ciertos síntomas psicológicos. El estudio realizado en Suecia en 2007 (Persson *et al.* 2007), que relacionó en un estudio de casos-control el ruido de tráfico con el tratamiento de problemas psiquiátricos como la ansiedad. Otro estudio realizado en Suiza pero en el año 2009 (Brand *et al.* 2009), relacionaba el ruido de tráfico con trastornos de ansiedad y síntomas depresivos. En Francia, más recientemente, en 2013, se realiza un estudio que relaciona el ruido nocturno con el consumo de ansiolíticos (Bocquier *et al.* 2013). Y en Alemania en el año 2016 (Orban *et al.* 2016) otro estudio comparaba el ruido de tráfico en lugares con ruido medido en 24 horas tanto por encima como por debajo de 55 dB(A), halló que el ruido de tráfico por encima de 55dB(A) aumenta el riesgo de sufrir síntomas depresivos.

Generalmente en los estudios citados, por la naturaleza de su diseño, se consideran los efectos de la contaminación acústica y de la contaminación atmosférica independientemente una de otra. Únicamente en el estudio de Persson *et al.* 2007 (Persson *et al.* 2007) se analizan simultáneamente el efecto de ambos contaminantes concluyendo que puede existir sinergismos entre ambos contaminantes de modo que uno potencie los efectos de los otros.

#### 1.4. EL RUIDO EN EL ENTORNO RESIDENCIAL

Se entiende por ruido residencial o comunitario aquel que procede del entorno cotidiano, excluyendo el laboral. Las fuentes son el tráfico rodado, aéreo y ferroviario, las obras y servicios, la actividad industrial, la actividad en los espacios públicos (restaurantes, bares, discotecas, aglomeraciones, parques, aparcamientos...) y la actividad dentro de los hogares y oficinas (electrodomésticos, máquinas, instrumentos y aparatos musicales, animales, voces, festejos...). Debido al creciente desarrollo urbanístico y tecnológico, unido al incremento de la población, la contaminación acústica en el entorno residencial es un problema en constante aumento, que excede



## **Anexo [17]**

Propuesta de un sistema de aislamiento acústico y control de ruido, 2.1.3 Materiales de Aislamiento Sonoro, Pag 40-43 <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2766/8/UDLA-EC-TISA-2011-01.pdf>.

### **2.13.- Materiales de aislamiento sonoro**

Ciertos materiales poseen una alta capacidad para atenuar el sonido que los atraviesa, es decir poseen un alto TL.

Materiales rígidos y no porosos suelen ser buenos aislantes acústicos. Materiales que poseen una alta densidad superficial son excelentes aislantes sonoros. El plomo debido a su alta densidad superficial es uno de los mejores aislantes acústicos.

Materiales como el hormigón, acero, terrazo son buenos aislantes sonoros ya que son lo suficientemente rígidos y no porosos. Particiones con cámaras de aire o recubiertas con material absorbente suele ser una excelente alternativa de aislamiento acústico.

En la tabla 2.3 se muestra algunos materiales utilizados en el aislamiento sonoro con su respectivo rango de atenuación (TL), así como su correspondiente STC (Clase de transmisión sonora).

Tabla 2.3.- Pérdida de transmisión de diversos materiales en función de la frecuencia, y clase de transmisión sonora

Material o estructura	STC	PT a la frecuencia					
		125	250	500	1000	2000	4000
Hormigón (90 mm)	37	30	30	37	35	38	41
Hormigón (140 mm)	45	30	34	41	48	56	55
Hormigón (190 mm)	53	37	46	46	54	59	60
Hormigón (290 mm)	50	33	41	45	51	57	61
Hormigón (90 mm) + aire (25 mm) + fibra de vidrio (65 mm) + hormigón (90 mm) + placa de yeso (16 mm)	62	49	54	57	66	71	81
Placa de yeso (Durlack) (12 mm)	28	15	20	25	29	32	27
Placa de yeso (Durlack) (2x12 mm)	31	19	26	30	32	29	37
Placa de yeso (12 mm) + aire (90 mm) + placa de yeso (12 mm)	33	12	23	32	41	44	39
Placa de yeso (2x12 mm) + aire (90 mm) + placa de yeso (12 mm)	37	16	26	36	42	45	48
Placa de yeso (2x12 mm) + aire (70 mm) + placa de yeso (2x12 mm)	45	23	30	45	49	52	52
Placa de yeso (12 mm) + aire (20 mm) + fibra de vidrio (50 mm) + placa de yeso (12 mm)	45	21	35	48	55	56	43
Placa de yeso (2x12 mm) + aire (40 mm) + fibra de vidrio (50 mm) + placa de yeso (2x12 mm)	55	34	47	56	61	59	57
Vidrio (6 mm)	31	25	28	31	34	30	37
Vidrio laminado (6 mm)	35	26	29	32	35	35	43
Vidrio (3mm) + aire (50 mm) + vidrio (3 mm)	38	18	26	38	43	48	35
Vidrio (3mm) + aire (100 mm) + vidrio (6 mm)	45	29	35	44	46	47	50
Puerta madera maciza (24 kg/m <sup>2</sup> ) sin burlete	22	19	22	26	24	23	20
Puerta madera maciza con burlete	26	22	25	29	25	26	28
Puerta de madera maciza (24 kg/m <sup>2</sup> ) + aire (230 mm) + Puerta acero chapa # 18 hueca (26 kg/m <sup>2</sup> ) + burlete magnético en el marco	49	35	44	48	44	54	62

Fuente: [18]

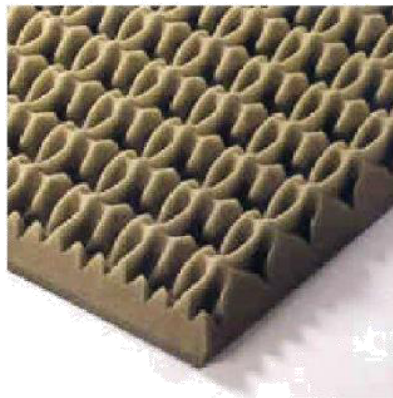
### 2.13.1.- Materiales Absorbentes.-

Los materiales absorbentes de uso común se dividen en:

- **Materiales Porosos:** para frecuencia medias y altas ( fibra de vidrio, lana mineral)
- **Absortores Resonadores:**
  - a. Resonador Oscilante o Diafragmático (frecuencias. bajas: 500 [Hz] ↓)

- b. Resonador Unitario (frecuencias. bajas y medias bajas: 500 [Hz]  
↓)
- c. Resonador Perforado (frecuencias. medias y medias altas: 500 [Hz] a 2 [kHz])
- d. Resonador a Base de Listones (frecuencias. medias y medias altas: 300 [Hz] a 2 [kHz])

FIGURA 2.10.- Material absorbente hecho a base de espuma de poliuretano



Fuente: [19]

Para cuantificar las características internas de los materiales en general se utilizan tres parámetros:

### 2.13.2.- Resistividad al flujo del aire <sup>3</sup>

Matemáticamente la resistividad al flujo del aire  $R_s$ , está definida por:

$$R_s = \frac{\Delta P}{\mu} \quad (\text{EC.2.24})$$

Donde:

$\Delta P$  = diferencia de presión de aire medida entre los dos lados de una muestra de material por la cual se fuerza el paso del aire [ $N/m^2$ ]

$\rho$  = velocidad del aire normal a la superficie de la muestra

Se define R como la resistividad específica de flujo por unidad de espesor del material, expresado mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{R_s}{d} \quad (\text{EC.2.25})$$

Donde:

d = es el espesor de la muestra del material

El valor típico de R es de aproximadamente  $10^4$  [Rayl/m]

En materiales de alta porosidad la relación entre el coeficiente de absorción, para onda incidente normal y la resistividad al flujo, está expresada por la siguiente ecuación:

$$\alpha_n = \frac{4k}{(k+1)^2 + \psi^2} \quad (\text{EC.2.26})$$

Donde:

$$k = 1 + 0,057 \left( \frac{f}{R} \right)^{-0,754} \quad (\text{EC.2.27})$$

$$\psi = -0,0870 \left( \frac{f}{R} \right)^{-0,732} \quad (\text{EC.2.28})$$

f = frecuencia [Hz]

$\rho$  = densidad del aire [ $kg/m^3$ ]



## Anexo [18]

“Técnicas para el estudio acústico en vehículos (Noise, Vibration and Harshness)” Carlos Sanz Vila, 2012. Pag 27-32

### IV. PRINCIPIOS GENERALES PARA EL CONTROL DEL RUIDO

#### IV. 1. INTERIOR DEL VEHÍCULO

Para cerramientos pequeños y con formas regulares, es posible determinar el campo sonoro con bastante precisión, gracias a los modelos matemáticos existentes. Hay en teoría un número infinito de frecuencias naturales y modos. Fuentes de banda ancha situados convenientemente en tales recintos son capaces de excitar los patrones de onda que resultan en niveles de presión sonora, que son muy sensibles a la posición.

Las formas complejas encontradas en interiores de vehículo, significa que tales técnicas de análisis no son aplicables y el campo de sonido tiende a ser difusa. Los niveles de presión de sonido tienden a variar mucho menos en todo el interior del vehículo en comparación con el comportamiento de onda estacionaria descrito en el párrafo anterior.

En general hay un número de fuentes de sonido que emiten ruido en el interior del vehículo y estos pueden producir componentes discretos que se superponen a un menor nivel de ruido de banda ancha.

#### IV. 2. ABSORCIÓN SONORA

Este es uno de los factores más importantes que afecta a los cerramientos. Aumentar la absorción de las caras internas de los cerramientos es relativamente económico, y consigue reducir los niveles de sonido en el interior del cerramiento.

El coeficiente de absorción es definido como la relación entre la energía sonora absorbida por la superficie y la energía sonora que incide sobre la misma. Este es un valor que depende del ángulo de incidencia del sonido. Si encontramos diferentes materiales, con diferentes coeficientes de absorción, se puede calcular un promedio mediante:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (21)$$

$S_i$  es la superficie de material y  $\alpha_i$  los distintos coeficientes. Este coeficiente de absorción es dependiente de la frecuencia, por lo que se debe calcular para, al menos, las frecuencias correspondientes a bandas de octava.

#### IV. 3. BARRERAS ACUSTICAS

Uno de las principales vías de transmisión en un vehículo es a través de la pared que separa el hueco del motor y la cabina de los pasajeros, esta pared puede ser considerada como una barrera acústica. La efectividad de estas barreras viene dada en términos de pérdidas de transmisión TL, que es la relación entre la energía sonora que incide y la que se transmite, expresada en dB. . Este

es uno de los factores más importantes que afecta a los cerramientos. Aumentar la absorción de las caras internas de los cerramientos es relativamente económico, y consigue reducir los niveles de sonido en el interior del cerramiento.

$$TL = 20 \log_{10}(fm) - 47 \text{ dB} \quad (22)$$

Dónde  $f$  es la frecuencia en Hz y  $m$  la masa por unidad de área de la barrera en  $\text{kg/m}^2$ .

Esta ecuación se aplica a lo que se denomina la región de frecuencia de masa controlada, en la que la pérdida de transmisión aumenta en 6 dB por cada octava de frecuencia, además si se duplica el espesor de la barrera o la densidad de la pérdida de transmisión aumenta en 6 dB a una frecuencia dada. Es evidente a partir de esto que el uso de barreras acústicas de alta densidad es una manera eficaz para aumentar la pérdida de transmisión. Las barreras pueden ser considerados controladas por masa por encima de dos veces su frecuencia natural más baja, pero por debajo de una frecuencia crítica  $f_c$ , la transmisión del sonido a través de las barreras se rige por la rigidez de los paneles y las resonancias que puedan surgir en su interior, las cuales tienden a reducir su efectividad a baja frecuencia. La frecuencia crítica está relacionada con la capacidad del sonido en las barreras para transmitirse como ondas de flexión y se produce cuando la longitud de onda de la onda incidente coincide con la longitud de onda de flexión  $\lambda_b$ . La frecuencia más baja a la que esto puede ocurrir es cuando el sonido incidente roza la superficie de la barrera y está dada por:

$$f_c = \frac{c}{\lambda_b} \quad (23)$$

En la práctica el rango de los ángulos de incidencia del sonido varía entre  $0^\circ$  y algo menos de  $90^\circ$ , por lo que la disminución de la pérdida de transmisión asociada con coincidencia se produce a una frecuencia algo mayor que el valor dado por la ecuación.

La efectividad de las barreras también se reduce drásticamente por los más pequeños agujeros y pueden plantear problemas en el aislamiento del ruido cuando hay que canalizar el sistema eléctrico y algunas tuberías a ejecutar entre el motor y los compartimentos de la cabina.

En la práctica, los materiales multicapa de un núcleo denso y capas superficiales de material absorbente puede realizar la doble función de proporcionar la absorción del sonido con una pérdida de transmisión alta.

#### IV. 4. SILENCIADORES EN AUTOMOVILES

Los motores de combustión interna necesitan silenciadores tanto para el sistema de admisión, como para el sistema de escape. Estos dos casos se caracterizan por tener diferentes direcciones del flujo, presiones, temperatura, niveles sonoros, etc. Aún así, se diseñan usando los mismos principios de diseño.

Los factores de elección de un silenciador vienen marcados por la necesidad de reducir el ruido radiado desde la fuente. La pérdida de inserción de un silenciador se determina a partir de las mediciones de nivel sonoro realizadas según las normativas aplicables.

El uso de los silenciadores puede llegar a tener un efecto negativo en el rendimiento de los motores, ya que modifica la presión que ejerce el aire hacia el motor (back pressure).

En el momento de la combustión del motor, los gases alcanzan una presión muy elevada, los cuales al salir pueden generar un ruido de igual magnitud si no son sometidos a una modificación o reducción de presión. Es por ello que existe el silenciador, cuya misión principal es la de disminuir el ruido de los gases al salir del motor, interactuando con las diferentes válvulas de escape.

Cuando éstas se abren, se realiza una descarga en alta presión de gases “quemados” hacia la tubería intermedia del escape, donde éstos se expanden y disminuye progresivamente su presión.

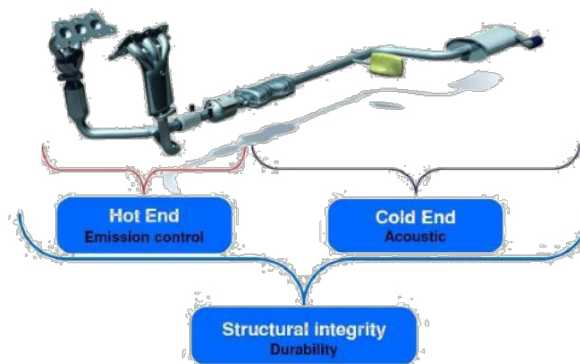


Fig.19 Sistema de escape de un automóvil.

El término silenciador se usa normalmente para referirse a cualquier dispositivo pasivo que consiga reducir el nivel de presión sonora. El ruido generado por el aire en los motores de combustión interna, se controla normalmente a través de dos tipos de sistemas:

- Los silenciadores pasivos y conductos, el rendimiento de los cuales viene determinado por la geometría y las características de absorción de sus materiales.
- Silenciadores con control activo de ruido, donde sus características de atenuación vienen dadas por componentes electromecánicos.

En esta tesina se va a analizar el rendimiento de los primeros

Las técnicas sistemáticas se basan en usar analogías eléctricas para describir las diferentes partes de los silenciadores, en ausencia de flujo de aire. Investigaciones posteriores han analizado el efecto del flujo en los silenciadores, obteniendo matrices de transferencia que permiten predecir el rendimiento de los distintos tipos de silenciadores. Con el tiempo se están realizando estudios de configuraciones complejas de silenciadores, formados por distintas configuraciones: varias cámaras de expansión, conductos perforados, materiales absorbentes, etc.

En la actualidad, el uso de métodos numéricos ayuda a entender el comportamiento de estos silenciadores, además de ofrecer un detallado análisis frecuencial, ayudando a comprender el funcionamiento en frecuencias que, años atrás, era más difícil de estudiar.

- *Configuraciones sin disipación*

Son los silenciadores normalmente llamados reactivos, puesto que la atenuación es producida principalmente por fenómenos de tipo reactivo en los que parte de la energía incidente retorna a la fuente debido a la reflexión que se produce como consecuencia de cambios de sección y otras particularidades geométricas. Un ejemplo típico es una cámara de expansión simple, formada por un tubo de entrada, una cámara de expansión central, y un tubo de salida. La energía disipada en este caso es pequeña.

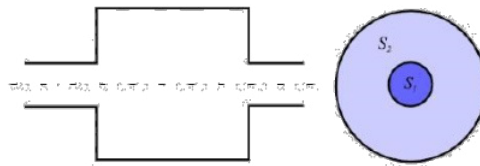


Fig.20 Silenciador reactivo

Estos silenciadores fundamentan su principio de acción generando, a través de su forma, una diferencia de impedancia acústica que imposibilita la transferencia del sonido hacia el lugar que se desea atenuar y logra que se refleje gran parte de la energía acústica de regreso hacia la fuente, o hacia las cámaras o secciones del silenciador, lo cual también impide la transmisión del sonido, es por ello que su desempeño se encuentra determinado por su forma geométrica y por las condiciones del medio (Beranek, 1971; Magrab, 1975; Wilson, 1989; Munjal, 1997).

Su comportamiento puede ser descrito en términos de dos parámetros importantes, el cociente entre el área transversal de la cámara ( $S_2$ ) y el área transversal del ducto ( $S_1$ ), conocido como  $m$  y la longitud de la cámara de expansión,  $l$ . Otra variable muy importante en el funcionamiento de estos silenciadores es la temperatura ( $T$ ) de operación de los mismos. Es importante destacar que el valor de las pérdidas por transmisión en un silenciador de una cámara de expansión, no es afectado de manera significativa por la presencia de flujo de gas súper impuesto, siempre y cuando sea menor de 35 m/s (Beranek, 1971).

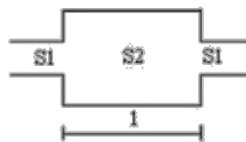


Fig.21, Secciones del silenciador reactivo

Adicionalmente, es importante resaltar que con este tipo de silenciador se logra una importante atenuación que podría estar en el orden de los 40 a 50 dB para una frecuencia determinada, pero tiene la desventaja de que podría amplificar la salida de alguna otra frecuencia hasta en 6 dB. Este



tipo de problema se puede solucionar utilizando silenciadores de doble cámara, tal como se explica detalladamente en la segunda parte de este trabajo.

Otro caso interesante de este tipo de silenciadores son los llamados resonadores. Su funcionamiento se basa en la presencia de cavidades y zonas de discontinuidad geométrica donde el fluido puede entrar en resonancia, absorbiendo gran parte de la energía e impidiendo que ésta se propague. Estos silenciadores presentan frecuencias propias donde la atenuación es elevada, aunque para otras frecuencias de excitación este mecanismo no entra en funcionamiento y se debe recurrir a otros medios de atenuación. Un ejemplo claro lo constituyen los resonadores de Helmholtz y los silenciadores con tubos extendidos, en los que los conductos de entrada y salida penetran parcialmente en el interior de la cámara central.

- *Silenciadores disipativos*

En los silenciadores disipativos, los fenómenos de atenuación, además de los debidos a las discontinuidades geométricas, son producidos por la utilización de materiales absorbentes de gran superficie específica (en forma de fibra, generalmente). También pueden conseguirse características disipativas (aunque en mucho menor grado) mediante la introducción de placas y tubos perforados que favorecen la disipación de energía durante la propagación de la onda acústica, aunque estas últimas geometrías es frecuente encontrarlas en la literatura como reactivas.

Un silenciador reactivo se basa en el principio de que cuando un sonido en un conducto encuentra una discontinuidad en su sección, una parte de la energía acústica es reflejada hacia atrás, provocando interferencias destructivas. Es una manera efectiva de reducir las frecuencias más bajas, pero el ancho de banda en el cual resultan efectivos es menor. Para resolver esto se pueden realizar diferentes cambios de sección.

Los silenciadores disipativos contienen material absorbente acústico, que disminuye la energía del flujo de aire. En su construcción, se diseña una cámara de aire, a través de la cual pasa un tubo perforado que transporta el flujo de aire; el resto de la cámara de aire se rellena con material absorbente (lana de roca por ejemplo) produciendo una atenuación en un ancho de banda bastante ancho. El nivel de atenuación vendrá dado por el espesor y el factor de absorción del material, la longitud del silenciador y el espesor de sus paredes.

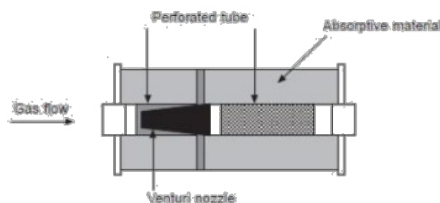


Fig.22. Silenciador disipativo

Este tipo de silenciadores aumenta la presión del aire en sentido contrario (hacia el motor) lo que se traduce en una pérdida de potencia.

Respecto a la atenuación del ruido de admisión, se aprovecha el filtro de aire (elemento necesario en el sistema) para diseñar un silenciador reactivo, basado en el principio del resonador de Hemholtz. Para un sistema de admisión, tenemos la siguiente figura:

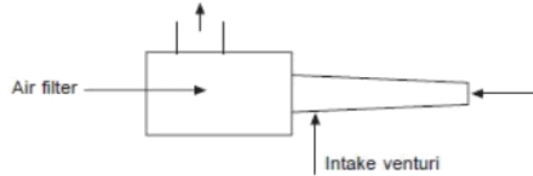


Fig.23. Sistema admisión Venturi

Dónde podemos ver que esta formado por una sección principal de área  $A$  y longitud  $L$ , con un volumen de aire en su interior  $V$ , por lo que la frecuencia de resonancia del sistema será:

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{LV}} \quad (24)$$

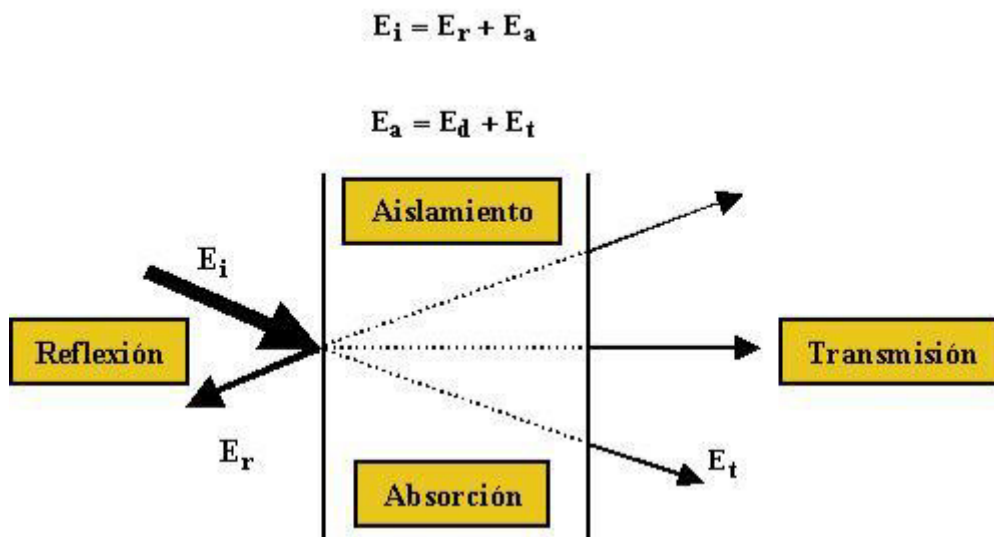
Siendo  $c$  la velocidad del sonido en el aire. Este tipo de diseños suele tener una frecuencia de resonancia a frecuencias bajas provocando una amplificación del nivel sonoro de las mismas, pero al mismo tiempo se obtiene una atenuación en las frecuencias más altas.

## Anexo [19]

Aislamiento Acústico, Curso de Acústica creado por GA,2003;  
<http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/aiaces/aiaces.html>

Cuando las ondas sonoras chocan con un obstáculo, las presiones sonoras variables que actúan sobre él hacen que éste vibre. Una parte de la energía vibratoria transportada por las ondas sonoras se transmite a través del obstáculo y pone en movimiento el aire situado del otro lado, generando sonido. Parte de la energía de las ondas sonoras se disipa dentro del mismo, reduciendo la energía irradiada al otro lado.

La energía del sonido que incide ( $E_i$ ) se descompone en la energía reflejada al medio emisor ( $E_r$ ) y la energía absorbida ( $E_a$ ), es decir, la energía no reflejada. A su vez, la energía absorbida se distribuye en energía disipada en el material ( $E_d$ ) y energía transmitida al medio receptor ( $E_t$ ).





### Aislamiento y Absorción

**Aislamiento acústico:** protección de un recinto contra la penetración de sonidos. Se trata de reducir el ruido, tanto aéreo como estructural, que llega al receptor a través del obstáculo. Un buen aislamiento acústico pretende que la energía transmitida sea mínima. Esto implica un aumento de energía disipada y/o reflejada sin que tenga importancia el reparto entre ellas, ni la acústica del local emisor. Los materiales adecuados para el aislamiento acústico son aquellos que tienen la propiedad de reflejar o absorber una parte importante de la energía de la onda incidente.

**Absorción acústica:** pretende mejorar la acústica de un local de tal forma que se reduzca el sonido que vuelve al mismo. Esto supone aumentar la energía disipada y/o transmitida sin que importe el reparto entre ellas ni el ruido que llegue a otro u otros locales.

### **Descripción del aislamiento acústico**

Las pérdidas por transmisión indican la capacidad de una pared para no transmitir las ondas sonoras. Estas pérdidas dependen sobre todo de su masa por unidad de área, su rigidez y el amortiguamiento en el material. En las construcciones típicas, estas pérdidas varían entre 30 y 70 dB.

### Pérdida por transmisión

Se conoce como pérdida por transmisión a la relación entre la energía sonora incidente sobre la pared y la energía sonora transmitida. Se expresa en decibelios y posee un valor distinto para cada frecuencia de excitación del material:

$$TL = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

siendo

$$\tau = \frac{W_T}{W_i}$$

donde  $W_T$  es la energía sonora transmitida y  $W_i$  la energía sonora incidente.

Para conseguir un buen aislamiento acústico son necesarios materiales que sean duros, pesados y, si es posible, flexibles. Materiales tales como hormigón, terrazo, acero, plomo, etc. son lo suficientemente rígidos y no porosos como para ser buenos aislantes.

### Ley de masas

La pérdida por transmisión de una partición varía con la frecuencia del sonido, aumentando por lo general con ella. Es más difícil aislar los sonidos graves que los agudos.

El aislamiento de paredes simples, homogéneas y delgadas, se estima con la ley de masas, que es una expresión semiempírica:

$$TL = 20 \log \left( \frac{m \omega}{2Z} \right) = 20 \log(mf) - 43 \text{ (dB)}$$

siendo  $f$  la frecuencia en Hz ( $\omega = 2\pi f$ ),  $m$  la masa de la superficie en  $\text{kg/m}^2$  y la impedancia  $Z = 415$  rayls para el aire.

En general, para un material dado, una pared aislante debe ser tanto más gruesa o densa cuanto más bajas sean las frecuencias de la onda acústica incidente.

### **Cálculo del aislamiento acústico**

El aislamiento acústico total de un recinto se determina mediante el aislamiento acústico de todos los límites y depende tanto del nivel de ruido existente en el exterior del recinto como del nivel de ruido máximo admisible en el interior del recinto.

### Índice del aislamiento acústico

Se define como la capacidad de un elemento constructivo de reducir la intensidad acústica de un ruido que se propaga a su través:

$$R = L_{p1} - L_{p2}$$

siendo  $L_{p1}$  y  $L_{p2}$  los niveles de presión acústica en el emisor y el receptor respectivamente.

La energía acústica transmitida a través de una pared es la diferencia entre el nivel de presión acústica del sonido incidente y el aislamiento acústico del material.

### Diseño acústico de un local con el mismo material en las paredes

Determinar los niveles y espectros del ruido en el exterior.

Determinar los niveles máximos de presión acústica permitidos en el interior, de acuerdo con los diferentes índices de valoración existentes, según el empleo que se vaya a dar al local.

Determinar los niveles de aislamiento de las superficies límites y calcular el aislamiento acústico. Es conveniente incrementar este dato con un factor de seguridad (unos 5 dB).

Determinar el nivel de ruido existente en el recinto y seleccionar el sistema de construcción más adecuado y conveniente según las características del local para las superficies límites.



## Anexo [20]

NTE INEN 2 205:2010, Elemento de seguridad, asilamiento y revestimiento interior, vehículos automotores, buses urbanos requisitos. Pag 16 -18.

### b.10) Baterías

b.10.1) El compartimiento para baterías debe estar separado del de pasajeros y del compartimiento del conductor y debe estar ventilado desde el exterior.

b.10.2) Todas las baterías deben estar sólidamente fijadas y fácilmente accesibles para su mantenimiento.

#### 5.1.2.7 Elementos de seguridad y control.

a) *Bloqueador de puertas.* Sistema bloqueador inviolable que no permita la partida o movimiento del vehículo en tanto cualquiera de las puertas se encuentren abiertas y que no permita la apertura de las puertas mientras el vehículo esté en movimiento. Este sistema tiene como objetivo evitar accidentes en ascenso o descenso de pasajeros y obliga al conductor a detener la marcha en su totalidad antes de abrir las puertas.

b) *Elevador o rampa de acceso para personas con movilidad reducida.* Para el caso de los buses y minibuses que utilicen un sistema de elevador o rampa de acceso para el ascenso o descenso de personas con movilidad reducida debe contar con los siguientes requisitos:

#### b.1) Elevador (plataforma elevadora)

##### b.1.1) Requisitos mecánicos

b.1.1.1) *Capacidad de elevación.* La capacidad mínima de elevación del elevador debe ser de 200 kg. Queda excluido el peso del acompañante, plataforma y elementos desplazables con la misma.

b.1.1.2) Como medida de seguridad imprescindible debe tenerse en cuenta que a cualquier accionamiento en los mandos corresponde una respuesta inmediata en la maniobra.

b.1.1.3) *Sistema de bloqueo del vehículo.* El sistema debe proyectarse de forma que para accionarse la plataforma se presente un bloqueo del vehículo. El bloqueo debe ser simultáneo con el inicio de la operación de despliegue por medio de un mando, el cual simultáneamente bloquee el vehículo y desbloquee la plataforma situada en un punto.

Debe existir un dispositivo alternativo que tenga como misión sustituir al sistema principal, en el caso de avería o emergencia del mismo.

b.1.1.4) *Autonomía del elevador.* En caso de falta de energía el elevador debe tener una autonomía suficiente para efectuar un mínimo de maniobras de emergencia igual al número de plazas para sillas de ruedas que disponga el vehículo.

##### b.1.2) Protecciones del elevador

b.1.2.1) La plataforma debe estar provista de protecciones que eviten que la silla de ruedas se salga de la misma por sí sola.

b.1.2.2) *Barrera de protección.* En el flanco de acceso a la plataforma desde el exterior, debe colocarse una protección abatible.

b.1.2.3) *Accionamiento de la barrera de protección.* Esta protección debe accionarse automáticamente al perderse el contacto en la plataforma y el suelo. También debe accionarse mediante un mando; en este caso su funcionamiento forma parte de un ciclo y la plataforma no debe continuar su desplazamiento mientras dicha protección no esté activada.

b.1.2.4) *Barandas.* La plataforma en posición de trabajo debe disponer al menos de una baranda lateral, la cual se debe desplazar solidaria con la plataforma.

- b.1.2.5) *Superficie de la plataforma.* La superficie de la plataforma debe ser del tipo antideslizante, por lo cual es admisible que se disponga de un bajo relieve cuya altura no debe exceder de 6mm.
  - b.1.2.6) *Dimensiones de la plataforma.* La plataforma debe tener un ancho útil mínimo de 800 mm y una profundidad útil de 1 000 mm.
  - b.1.2.7) *Flexión útil de la plataforma.* La plataforma en todo su recorrido no debe flexionar en cualquier dirección más de tres grados. Esta diferencia máxima admisible se entiende entre la plataforma en vacío y cargada con 200 kg. La rampa de acceso queda libre de esta particularidad.
  - b.1.2.8) *Velocidad de desplazamiento de la plataforma.* La velocidad de desplazamiento de la plataforma y partes de la misma no debe ser superior a 0,22 m/s. En despliegue y repliegue, la velocidad no debe ser superior a 0,33 m/s.
  - b.1.2.9) *Acceso a la plataforma.* La plataforma se debe diseñar de tal forma que permita su acceso por sus dos frentes, tanto hacia adelante como hacia atrás.
  - b.1.2.10) *Protecciones.* Cualquier parte del elevador debe estar debidamente protegida para que no pueda lastimar al usuario, acompañante o vestidos de los mismos.
  - b.1.2.11) *Resistencia a las vibraciones.* Todos los componentes del elevador que estuvieran en tensión deben estar diseñados de forma que no se aflojen con las vibraciones del vehículo.
  - b.1.2.12) *Avisador acústico.* Debe existir una alerta acústica durante el ciclo de funcionamiento de este dispositivo
- b.2) *Rampa en el bus.* Las rampas se deben situar en posición para el ascenso y el descenso de las sillas de una forma manual, eléctrica u otra.
- b.2.1) *Dimensiones de la rampa.* El ancho libre mínimo de la rampa debe ser de la misma dimensión del ancho libre de la puerta de ingreso y salida para personas con movilidad reducida. La pendiente debe ser de acuerdo a la NTE INEN 2 245.
  - b.2.2) *Flexión de la rampa.* Las rampas deben diseñarse para soportar un peso mínimo de 200 kg, y ningún punto de su recorrido debe flexionar más de tres grados.
  - b.2.3) *Condiciones de seguridad.* Una vez situadas las rampas, tienen que quedar fijas al vehículo para impedir su deslizamiento.
  - b.2.4) El suelo de la rampa tiene que ser del tipo antideslizante, por lo que es aconsejable que se disponga de un bajo relieve, cuya altura no debe exceder de 6 mm.
  - b.2.5) Cualquier parte de la rampa debe estar debidamente protegida para que no pueda lastimar al usuario, acompañante o vestidos de los mismos.
  - b.2.6) *Avisador acústico.* Debe existir una alerta acústica durante el ciclo de funcionamiento de este dispositivo
- c) *Aislamientos y revestimiento interior*
- c.1) El compartimiento destinado al alojamiento del motor debe ser aislado, acústica y térmicamente, con características de baja combustibilidad, retardadores de llama e impermeable a combustibles y lubricantes.
  - c.2) El compartimiento de los pasajeros se debe diseñar de tal forma que se eviten salientes o cualquier tipo de protuberancias, que pudieran producir accidentes o lesiones a los pasajeros.

- c.3) Todos los elementos utilizados en el recubrimiento de paredes, paneles interiores, techos y sillas deben ser fabricados en materiales que sean retardantes al fuego, no presentar gases de combustión tóxica y ser resistentes al desgaste.
- c.4) El límite máximo de presión sonora será de 70 dB, escala A del sonómetro, medido en el lugar de la cabeza del conductor, en todos los regímenes de funcionamiento del motor.
- c.4.1) El límite máximo de presión sonora será de 85 dB, escala A del sonómetro, medido a 1,20 m respecto del nivel del piso del pasillo de circulación interna, en cualquier punto de su extensión, a excepción del asiento del conductor.
- d) *Inflamabilidad de los materiales.* Los materiales de revestimiento de los asientos, las paredes, el techo y el piso a ser utilizados en el interior de los vehículos deben ser de baja combustibilidad o poseer la capacidad de retardar la propagación del fuego con un índice de llama máximo de 250 mm/min, de acuerdo con la norma ISO 3795 (ver nota 1).
- e) *Temperatura en el compartimiento de los pasajeros.* El bus y minibus urbano debe contar con los sistemas necesarios para garantizar una temperatura de confort según las condiciones climáticas de cada ciudad en el compartimiento de los pasajeros.
- f) *Extintor de incendios.* El bus y minibus urbano debe disponer de al menos dos extintores, con una capacidad mínima de 5 kilogramos cada uno y que cumplan con los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 006, estar ubicado uno lo más cercano del conductor y los demás repartidos en el compartimiento de los pasajeros, en posición vertical y acoplados con anillos metálicos o correas de sujeción de fácil desmontaje. El lugar de ubicación de los extintores debe estar debidamente identificado y debe ser fácilmente accesible.
- g) *Botiquines.* El bus y minibus urbano debe disponer de uno o varios botiquines de primeros auxilios, debidamente identificados y deben ser fácilmente accesibles.
- h) *Limitador de velocidad.* Los buses y minibuses urbanos deben contener un dispositivo de forma luminosa y acústica que alerte al usuario el exceso de velocidad sobre la máxima permitida por la ley.
- i) *Radio.* Los buses y minibuses urbanos deben tener incorporado un radio A.M., considerando la necesidad de la Junta de Defensa Civil y de la Fuerza Pública, de informar al país respecto a problemas específicos de seguridad. No se permite la instalación de altavoces o parlantes para difundir programas radiales o música.
- j) *Triángulos de seguridad.* Los buses y minibuses urbanos deben tener triángulos de seguridad montables de material retrorreflectivo con grado de alta intensidad o diamante color rojo y un mínimo de 500 mm de lado y 40 mm de ancho.
- k) *Tacógrafo.* Este dispositivo debe registrar sobre un documento durable, la identificación del conductor, la velocidad, distancia recorrida, el tiempo de recorrido, detención del bus y otras variables sobre su comportamiento. Este dispositivo y su información deben ser inviolables e inalterables. Su aplicación será definida en concordancia con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034.
- l) *Rotulación.* Todos los rótulos sean externos como internos de cualquier índole deben estar escritos de forma clara y concisa en letras mayúsculas y en idioma español.
- m) Se prohíbe la instalación de parrillas superiores externas a la carrocería.
- n) Se prohíbe la instalación de cajuelas inferiores, excepto las destinadas para herramientas, baterías y llanta de repuesto o emergencia.

(Continúa)

## Anexo [21]

NTE INEN 1668, Vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e interprovincial requisitos. Elementos de seguridad, asilamiento y revestimiento interior, Pag 16-18

NTE INEN 1668

2015-03

### 5.9 Elementos de seguridad y control

#### a) Dispositivo indicador de velocidad

Los vehículos deben disponer de un dispositivo indicador de velocidad, ubicado en el habitáculo de los pasajeros y en un lugar visible, de tal forma que se pueda identificar la velocidad con la que el vehículo se encuentra circulando. El dispositivo debe tener un avisador sonoro que debe actuar cada vez que el vehículo sobrepase los 90 km/h.

#### b) Extintor de incendios

Los vehículos deben disponer de un extintor de incendios de mínimo cuatro kilogramos de polvo químico seco de color rojo ubicado en un lugar accesible, acoplado con anillos metálicos o correas de sujeción de fácil desmontaje.

#### c) Triángulos de seguridad

Los vehículos deben disponer de mínimo dos triángulos de seguridad montables de material reflectivo con grado de alta intensidad o diamante color rojo y un mínimo de 500 mm por lado y de 40 mm de ancho de la franja.

#### d) Tacógrafo

De acuerdo a lo establecido según la autoridad competente.

#### e) Limitador de velocidad

El limitador de velocidad debe cumplir lo establecido en la NTE INEN 2712.

#### f) Rotulación

Todos los rótulos informativos, sean externos como internos de cualquier índole, deben estar escritos de forma clara y concisa en letras mayúsculas y en español.

#### 5.9.1 Aislamientos y revestimiento interior

Los vehículos deben poseer, en el interior del techo, en las paredes laterales, frontal y posterior de la carrocería y en el compartimiento destinado al alojamiento del motor un sistema de aislamiento acústico y térmico de baja combustibilidad o retardadores de llama.

El nivel de ruido medido a una altura de 1,20 m sobre el nivel del piso del vehículo, en la posición del asiento del conductor, no podrá exceder de 88 dB con el vehículo detenido y el motor girando a 75 % del número máximo de revoluciones por minuto (rpm).

Con el motor funcionando a 75 % del número máximo de revoluciones por minuto (rpm) debe asegurarse un nivel máximo de ruido interior de 88 dB (A), a 1,20 m respecto del nivel del piso del pasillo de circulación interna, en cualquier punto de su extensión.

Las mediciones se efectuarán con todas las puertas y ventanas cerradas.

#### 5.9.2 Inflamabilidad de los materiales

Todos los materiales utilizados en el interior del vehículo en los asientos como cojines, tapicería, forros, protecciones plásticas laterales y posteriores, soportes plásticos (si aplica), cinturones de seguridad, materiales utilizados en apoyabrazos y apoyapiés (si aplica), también los utilizados en el piso, techo, paredes y accesorios de los interiores de la carrocería como cortinas deben ser de baja combustibilidad o poseer la capacidad de retardar la propagación del fuego con un índice de llama máximo de 100 mm/min, el ensayo debe realizarse de acuerdo con la norma ISO 3795.

2015-0084

23 de 30



**5.9.3 Temperatura en el compartimiento de los pasajeros**

El vehículo debe contar con los sistemas necesarios para garantizar una temperatura de confort según las condiciones climáticas de cada ciudad en el compartimiento de los pasajeros, donde no sea superior a 23 °C.

**5.9.4 Protección posterior guardachoques para buses y minibuses con motor delantero**

Los buses y minibuses con motor delantero deben estar contruidos o equipados de manera que ofrezcan en todo su ancho una protección eficaz a los vehículos de las categorías M1 y N1 que choquen por la parte posterior.

## Anexo [22]

NTE INEN-ISO 11654, Acústica. Cuadro – Extracto Cuadro Absorbentes acústicos (ISO 11654:1997, IDT)

<b>Sound Absorption Rating</b>	<b><math>\alpha_w</math></b>
A	0.90 or higher
B	between 0.8 and 0.85
C	between 0.6 and 0.75
D	between 0.3 and 0.55
E	between 0.15 and 0.25
No qualify	0.10 or lower

### Figure

Caption

Table 1 . Rating of sound absorption according to ISO 11654, 1997.

This figure was uploaded by [Romina Del Rey](#)  
Content may be subject to copyright.

## Anexo [23]

Propuesta de reorganización técnica-económica de los Procesos de producción para las carrocerías: Interprovincial y bus-tipo en la empresa varma s.a. de la Ciudad de Ambato.  
Pag 53-55

53

Todas las flechas se iniciaran en círculos y terminaran en círculos que representan el evento de iniciación y de terminación de una actividad. El evento de terminación de una actividad, será evento de iniciación de la actividad siguiente.

**Ruta crítica.-** Es un camino que va desde la iniciación más próxima hasta la más alejada y que esta constituida exclusivamente por actividades criticas. Estas actividades, son representadas en el diagrama con una línea más gruesa. Su trayectoria forma la ruta crítica de actividades.

### 2.5. Condiciones de trabajo<sup>13</sup>

Las actualizaciones constantes de la mecanización del trabajo, los cambios de ritmo, de producción, los horarios, las tecnologías, aptitudes personales, etc, generan una serie de condiciones que pueden afectar a la salud, son las denominadas, condiciones de trabajo, a las que podemos definir como, el conjunto de variables que delimitan la realización de una operación en un entorno determinando la salud del trabajador en función de tres variables: física, psicológica y social.



Figura 18: Condiciones de trabajo.

**Ambiente físico de trabajo:** Son los factores que influyen en el ambiente natural del trabajo, y que aparecen de la misma forma o modificada por el proceso de producción, que puede repercutir negativamente en la salud.

<sup>13</sup> [www.ugt.es](http://www.ugt.es).

**2.5.1. Ruido y vibraciones:** Una de las causas de la fatiga y disminución del rendimiento son los ruidos excesivos y vibraciones que afectan al oído llegando a producir sordera progresiva a los trabajadores originando una disminución de la eficiencia humana, tanto en el trabajo intelectual como en el manual.

La legislación recomienda tener presentes, los ruidos continuos de más de 90 dBA como posibles causantes de “enfermedad profesional” y los ruidos de impacto o ruidos instantáneos de más de 130 dBA como causa de “accidentes auditivos”; para los que es obligatorio adoptar medidas preventivas del tipo de:

**TABLA I: Niveles de ruido y actuaciones a realizar**

NIVELES	ACTUACIONES A REALIZAR
Inferior a 80 dBA De 80 a 85 dBA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es necesario realizar actuaciones.</li> <li>• Formación e información a los trabajadores.</li> <li>• Evaluación y control médico.</li> <li>• Evaluación de los riesgos cada 3 años.</li> <li>• Suministrar protectores auditivos a los trabajadores que lo soliciten.</li> </ul>
De 85 a 90 dBA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación e información a los trabajadores.</li> <li>• Evaluación de exposición a riesgos anual.</li> <li>• Suministrar protectores auditivos a todo el personal.</li> <li>• Control médico cada 3 años.</li> </ul>
De 90 a 130 dBA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación e información a los trabajadores.</li> <li>• Evaluación anual de exposición a riesgos.</li> <li>• Uso obligatorio de protectores auditivos.</li> <li>• Señalización obligatoria de lugares con mayor riesgo.</li> <li>• Control médico anual.</li> </ul>

**2.5.2. Ventilación:** Se ha comprobado experimentalmente que las necesidades de oxígeno para la respiración humana aumenta casi proporcionalmente al aumento de trabajo.

Con este fin se debe dotar de un ambiente de trabajo fluido y libre, sino es así debe ser forzado por ventiladores y extractores de aire.

**2.5.3. Calefacción:** Mejora las condiciones de trabajo eliminando el frío por medio de la calefacción así como se reducen las bajas por enfermedad y mantiene el rendimiento de trabajo optimos, las temperaturas más adecuadas son:

Trabajo sedentario	18 °C
Trabajo moderado	15 °C
Trabajo Intenso	13 °C

**2.5.4. Iluminación:** La iluminación es un factor que condiciona la calidad de vida, y determina las condiciones de trabajo en que se desarrolla la actividad laboral, y sin embargo, a menudo no se le da la importancia que tiene.

Para conseguir una iluminación correcta se deben tener en cuenta algunos requisitos, el objetivo principal que se debe alcanzar es que la cantidad de energía luminosa que llegue al plano de trabajo, sea la adecuada para la consecución del mismo, si no es imposible cubrir la iluminación naturalmente, se recurre a la luz artificial mediante reflectores que compensen a la luz natural.

**2.5.5. Carga de trabajo:** Se puede definir la carga de trabajo como el conjunto de obligaciones psicofísicas, a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de su jornada laboral.

La consecuencia de una excesiva carga de trabajo es la fatiga, que puede definirse como la disminución de la capacidad física y mental de un trabajador, después de haber realizado una actividad durante un período de tiempo.

**2.5.6. Manipulación manual de cargas:** El manipular una carga sin seguir los pasos correctamente, puede traer consecuencias de tipo:

- Fatiga física y mental.
- Lesiones: Cortes, heridas, fracturas, hernias inguinales, lesiones musculares.
- Alcance: Lesiones no mortales pero de largo duración.

## **Anexo [24]**

### Validación del mapa de ruido de tráfico de la zona urbana del DMQ, Ruido Vehicular Pag 6-14

6

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar mediciones acústicas de larga y corta duración que cumplan un procedimiento como el estipulado en la norma ISO 1996-2 (INEN, 2014), en lugares estratégicos del DMQ.
- Modelar a través del software de predicción CADNA-A, niveles de ruido de tráfico vehicular, bajo los parámetros establecidos por tres modelos predictivos.
- Comparar los resultados obtenidos durante el proceso de medición de corta duración, con los niveles simulados por los modelos de predicción.
- Validar mediante conteos vehiculares manuales, el flujo vehicular establecido por la Secretaria de Planificación y Movilidad, para cada tipo de vía del DMQ.
- Analizar el comportamiento durante el día y la noche, del modelo empleado en el mapa actual, mediante mediciones de 24 horas.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### 2.1 Ruido de Flujo Vehicular

El automóvil se inventó en 1885 y desde entonces el ruido que genera se ha convertido en un problema ambiental que crece a ritmos alarmantes, cuyo impacto desestimado en algunos países en vías de desarrollo, se puede apreciar en la mayoría de los entornos urbanísticos actuales (Campello-Vicente, 2014).

La atención mínima que la sociedad ha presentado a la contaminación por ruido de tráfico implica en las personas el aumento de graves efectos y enfermedades. Entre algunos antecedentes se tiene, por ejemplo, que en el transcurso de los años 2011 y 2012 por lo menos 4 millones de trabajadores en Estados Unidos fueron expuestos a niveles de ruido que los condujeron a la pérdida de la audición (*The National Academies of Sciences Engineering Medicine*, 2017).



El ruido que proviene de un vehículo en movimiento es una de las principales fuentes emisoras de este contaminante en la mayoría de ciudades alrededor del mundo (González, 2013), ello debido a la necesidad de tener un medio de movilización diario que permita a las personas trasladarse a diferentes lugares de acuerdo a sus profesiones o *modus vivendi*. Por otro lado, se deben considerar los requerimientos de transporte que respaldan los diferentes sistemas industriales, comerciales, de servicios y administrativos. Mientras una conversación entre dos personas bordea aproximadamente los 55 dBA el ruido de flujo vehicular puede llegar a alcanzar entre los 80 y 90 dBA, llegando a compararse en algunos casos con el ruido emitido por un taladro mecánico (Alonso, 2014). Al respecto se puede considerar que existe una relación directa y de carácter exponencial entre el nivel de desarrollo que ha tenido una urbe y el grado de contaminación acústica que ha impactado a su población, teniendo en cuenta el aumento considerable del número de vías y tráfico vehicular.

En estudios que conciernen al incremento total del flujo vehicular de una ciudad, se han encontrado entre sus principales causas: el incremento poblacional, la expansión urbana y el incremento de vehículos, situaciones que han venido creciendo desde la década de los años 60 (González, 2013). El uso de variables para el manejo de modelos de predicción y estimación del ruido vehicular son parte fundamental en su desarrollo; mismas que son: flujo vehicular, tipo de vía, proporción de vehículos pesados y livianos, tipo de asfalto y zonas urbanas específicas a analizar.

#### 2.1.1 Ruido de Tráfico Vehicular

Con el fin de analizar el ruido producido por el tráfico vehicular es necesario clasificar los vehículos, además se deben considerar otros factores como:

- Tipo de vehículo (pesados, livianos y motos).
- Diseño corrector de ruido implementado en su carrocería y cabinas internas (uso de resonadores, material especial aislante de ruido para el

interior del automotor, utilización de elementos amortiguadores para evitar la transferencia de ruido por medio de vibraciones).

- Condiciones del vehículo (kilómetros recorridos por el automóvil, condiciones del motor, estado de la carrocería y elementos principales del vehículo).
- Tipo de transmisión y cilindraje.

Así, existen actualmente dos tipos de procedimientos para medir el nivel de ruido generado por un automóvil: el primero de ellos se encuentra en la normativa ISO R362:1961, mientras que el segundo está descrito en la normativa inglesa BS 4325:1966 (Bartí, 2010).

#### 2.1.2 Fuentes de Ruido Propias del Vehículo

Gracias a los avances tecnológicos logrados en las últimas décadas, se tiene actualmente vehículos un tanto más silenciosos en comparación con modelos antiguos; sin embargo, existe aún una fuente que supone una contribución energética importante: el ruido del motor y de los neumáticos (también conocido como "ruido de rodadura"). Existen también otros factores generadores de ruido en un automóvil, tales como:

- Tubo de escape
- Sistema de transmisión
- Modelo aerodinámico del automóvil
- Sistema de refrigeración interna y cilindraje

La contribución energética de los factores anteriormente citados, a excepción del ruido aerodinámico, no resulta ser muy representativa, por lo que no serán analizados a fondo durante el presente estudio. A continuación, se detallan algunos aspectos importantes:

### 2.1.2.1 Ruido Producido por el Motor

También conocido como "ruido del tren de potencia", abarca el ruido provocado por el motor (incluyendo los sistemas de admisión, combustión y escape), además de los sistemas de transmisión y refrigeración. Hasta hace algunos años era considerada como la principal fuente de ruido en vehículos de propulsión a motor, pero los avances en ingeniería fueron reduciendo su contribución al global de ruido emitido por automotores, llegando a depender únicamente de la carga y velocidad de las revoluciones por minutos propias del motor (Alonso, 2014). Este tipo de ruido es poco dependiente de la velocidad, aunque se da la situación de que depende mucho de la carga y revoluciones del motor, debido al mecanismo de cambio de marchas de los automóviles.

### 2.1.2.2 Ruido Aerodinámico

Tipo de ruido producido por el flujo de aire que circula a través del vehículo. Por lo general no resulta ser un ruido muy problemático en contraparte con el exterior del automóvil, por lo menos para velocidades que no superen los 120 km/h. Las mejoras en el diseño aerodinámico de los automóviles, con el fin de cumplir con los requisitos del consumo de combustible, han conseguido una notable reducción de este ruido. Sin embargo, dado que el ruido aerodinámico puede llegar a ser muy molesto dentro del automotor, se intenta también minimizarlo con el objetivo de conseguir confort acústico y calidad sonora (Alonso, 2014).

### 2.1.2.3 Ruido de Neumáticos

También conocido como "ruido de rodadura", es producido por la interacción de los neumáticos con la calzada durante la etapa de movimiento del vehículo (Alonso, 2014). A elevadas velocidades este tipo de ruido junto con el producido por el diseño aerodinámico de carrocería es el que más influencia tiene en un automotor; existen 5 factores que determinan el nivel de ruido emitido:

- Ruido de rodadura producido por la influencia de fuerzas tangenciales, es decir, cuando se realiza un giro de las llantas en interacción con el pavimento (Alonso, 2014).
- Ruido emitido por el aire atrapado dentro de los surcos del neumático, mismo que sale disparado cuando éste último es girado.
- Ruido producido por la influencia de fuerzas longitudinales, es decir, el roce de las gomas del neumático con el asfalto cuando se frena o acelera (Alonso, 2014).
- Vibración de la carcasa y aro del neumático.

El hecho de que el ruido del motor no dependa en su mayor parte de la velocidad, y que el ruido de neumáticos aumente linealmente con la misma, produce que a partir de una rapidez determinada la principal contribución de ruido en un automóvil se atribuya a la rodadura (Alonso, 2014). Pese a la información antes citada, existen todavía desacuerdos entre algunos autores en que el ruido producido por el motor dependa tan poco de la velocidad, tal y como puede verse en la siguiente figura, en donde se muestran las distintas contribuciones de ruido a en un automóvil a motor.

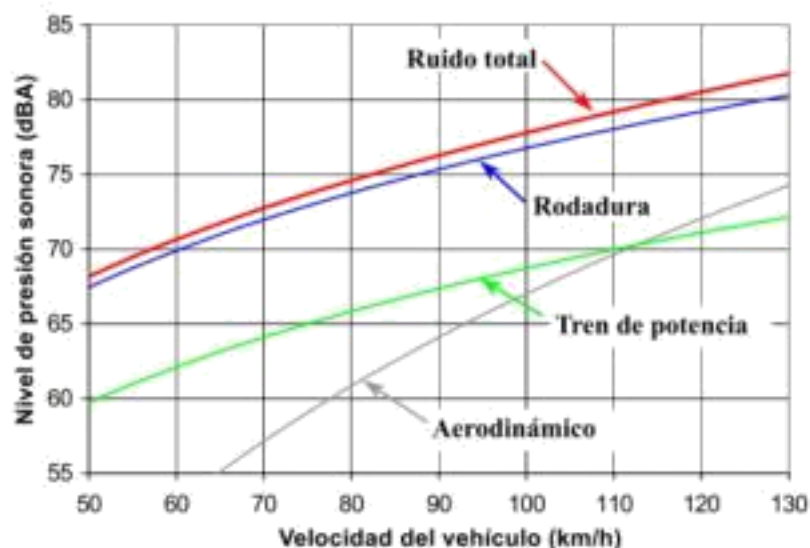


Figura 1. Contribución de las diferentes fuentes de ruido en carreteras.

Tomado de (Alonso, 2014)



generadas por la interacción directa entre llanta y calzada, por lo que es necesario estudiar las características tanto de la superficie de rodadura como la de los neumáticos, de manera que estos mecanismos puedan ser caracterizados. Dentro de la gran variedad de calzadas, se hará hincapié en las de tipo asfaltadas, puesto que son las más utilizadas en la mayoría de urbes a nivel mundial; éstas, por lo general, están compuestas de gravilla y aglomerante. En cuanto a la generación de ruido, tomando en cuenta los tipos de pavimento, el aspecto más importante de una calzada asfaltada viene a ser su textura, misma que se define como la desviación del pavimento de una superficie totalmente plana (Alonso, 2014). Es decir, que las diferentes rugosidades características que se encuentran en el pavimento son lo que componen su textura.

La textura es una longitud de onda y es obtenida como el inverso de la frecuencia espacial. Se distinguen las siguientes (Alonso, 2014):

- Mega textura: Su longitud de onda está comprendida entre 50mm y 50mm., siendo esta una característica no deseada y producida por defectos en la construcción de las vías, o también causada por desgaste. Las más comunes son baches, ondulaciones e irregularidades en la calzada.
- Micro textura: presencia de pequeñas piedras u otras partículas que componen la superficie directamente en contacto con las llantas. Afecta la percepción de la dureza de la carretera y su longitud de onda es menor a 0,5mm.
- Macro textura: Su longitud de onda está comprendida entre los 0,5mm y 50mm. Se remite a valores concretos durante la construcción de la vía con el fin de favorecer el drenaje de agua. Es obtenida mediante diversas técnicas de acabado de asfalto.

Las irregularidades con longitudes de onda que superan las mega texturas son conocidas como irregularidades o desniveles, y no ejercen una directa



influencia en cuanto a mecanismos de generación de ruido, sino más bien pueden llegar a tener influencias indirectas en el conductor (la manera de conducir, por ejemplo).

De igual manera, la clasificación de la calzada según la textura desarrollada por la AIPCR (Asociación Mundial de Carreteras) y sus efectos en la conducción, son representados en la siguiente figura:

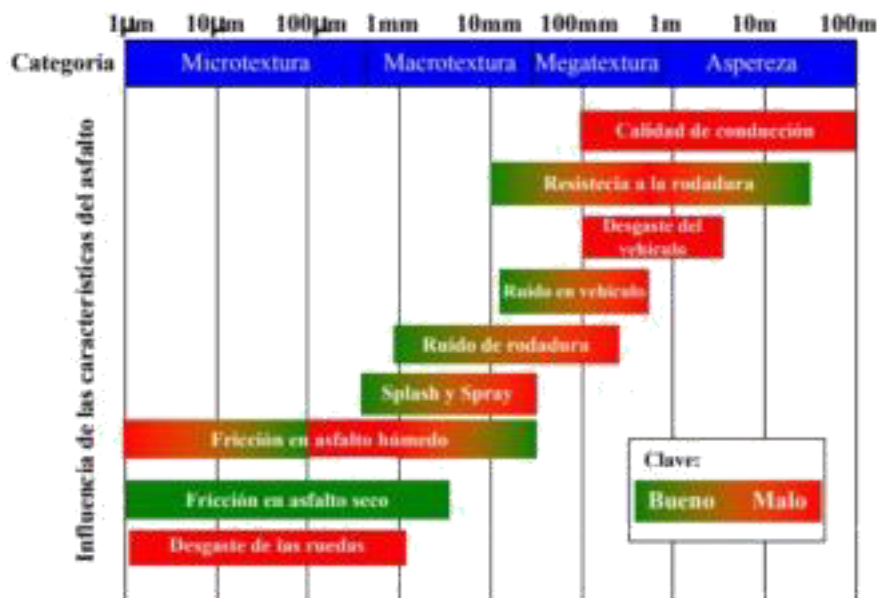


Figura 3. Aspectos afectados por la textura del asfalto.

Tomado de (Alonso, 2014)

#### 2.1.2.6 Neumáticos

Los neumáticos son la parte que une al automóvil con la calzada y poseen una influencia directa, no solamente en el confort percibido durante la etapa de conducción y en el agarre con el asfalto, sino también en el ruido generado (Bastián-Monarca et al., 2016). Con el pasar de los años la calidad de llantas ha ido mejorando de manera muy notable, variando su composición interna, los materiales y los procesos de fabricación utilizados durante su concepción hasta

los días actuales. Los materiales de los que un neumático típico está compuesto pueden ser apreciados en la siguiente figura:



*Figura 4.* Partes de un neumático típico.

Tomado de (Alonso, 2014)

El ruido de rodadura se ha ido reduciendo progresivamente conforme la calidad de los neumáticos ha ido evolucionando, se han logrado obtener reducciones de ruido que van de la mano con el mejoramiento del consumo de combustible. Diversas variables influyen en el ruido de rodadura generado, siendo la más importante de ellas la composición y los surcos de la banda de rodadura (Bartí, 2010).

## 2.2 Efectos del Ruido en la Salud Humana

El ruido es un contaminante generado por diferentes fuentes de emisión fijas y móviles, entre ellas las provenientes de maquinaria industrial en edificaciones, electrodomésticos, medios de transporte, construcciones, actividades comerciales, eventos de carácter social, espectáculos deportivos, industrias, animales domésticos, entre otros. Diferentes tipos de ruido como los que se encuentran en el interior de edificaciones o viviendas pueden ser controlados

## Anexo [25]

### NTE INEN 2656, Clasificación Vehículos / Buses Pag 1-8

CDU: 629-1-4  
ICS: 43.020



CIU: 3843  
MC 08.16-101

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	CLASIFICACIÓN VEHICULAR	NTE INEN 2656:2012 2012-11
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece la clasificación de los vehículos automotores identificados mediante características generales de diseño y uso.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica a todos los vehículos diseñados para circulación terrestre (vehículos automotores y unidades de carga).</p> <p>2.2 Esta norma no comprende máquinas tales como tractores agrícolas, forestales, maquinaria industrial y equipo caminero.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones establecidas en el RTE INEN 034, en el Reglamento de aplicación a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, y las que a continuación se detallan:</p> <p>3.1.1 <i>Asiento</i>. Estructura ergonómica fijada al vehículo, de configuración adecuada para que la persona se siente, pudiendo ser este individual o múltiple.</p> <p>3.1.2 <i>Capacidad de arrastre</i>. Peso máximo de diseño a ser remolcado por un automotor.</p> <p>3.1.3 <i>Capacidad de carga</i>. Carga útil máxima permitida para la cual fue diseñado el vehículo.</p> <p>3.1.4 <i>Carrocería</i>. Estructura que se adiciona al chasis de forma fija para el transporte de personas y/o carga.</p> <p>3.1.5 <i>Chasis</i>. Estructura básica del vehículo compuesta por el bastidor, el tren motriz y otras partes mecánicas relacionadas.</p> <p>3.1.6 <i>Eje</i>. Elemento mecánico que sirve de soporte del vehículo a través de la suspensión y permite la movilidad del mismo.</p> <p>3.1.7 <i>Pasajero</i>. Persona que hace uso del servicio de transporte público o privado para trasladarse de un lugar a otro.</p> <p>3.1.8 <i>Peso Bruto Vehicular (PBV)</i>. Peso en vacío (Tara) del vehículo más la capacidad de carga de diseño.</p> <p>3.1.9 <i>Peso Bruto Vehicular Combinado</i>. Peso Bruto Vehicular más la capacidad de arrastre.</p> <p>3.1.10 <i>Peso en vacío (Tara)</i>. Peso del vehículo en orden de marcha, sin incluir la carga o pasajeros (incluye el peso del combustible con los tanques llenos, herramientas y rueda(s) de repuesto).</p> <p>3.1.11 <i>Plaza</i>. Espacio físico destinado para una persona (sentada o de pie).</p> <p>3.1.12 <i>Vehículo</i>. Medio para transporte de personas o mercancías, pudiendo ser motorizado o no.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		
<p>DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, vehículos automotores, clasificación.</p>		

**3.1.13 Vehículo especial.** Vehículo que realiza una función específica. No se consideran vehículos especiales las máquinas y equipos diseñados y fabricados exclusivamente para el uso fuera de las vías públicas, en la industria de la construcción, minería y agricultura.

#### 4. CLASIFICACIÓN

4.1 Los vehículos se clasifican en:

4.1.1 **Categoría L.** Vehículos automotores con menos de 4 ruedas.

4.1.1.1 **L1:** Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm<sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.

4.1.1.2 **L2:** Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm<sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.

4.1.1.3 **L3:** Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm<sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 km/h.

4.1.1.4 **L4:** Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm<sup>3</sup> o una velocidad mayor de 50 km/h.

4.1.1.5 **L5:** Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm<sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.

4.1.2 **Categoría M.** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

4.1.2.1 **M1:** Vehículos de 8 asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.

4.1.2.2 **M2:** Vehículos de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.

4.1.2.3 **M3:** Vehículos de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez, de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

a) **Clase I.** Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de estos.

b) **Clase II.** Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.

c) **Clase III.** Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

4.1.3 **Categoría N.** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.

4.1.3.1 **N1:** Vehículos de PBV de 3,5 toneladas o menos.

4.1.3.2 **N2:** Vehículos de PBV mayor a 3,5 hasta 12 toneladas.

4.1.3.3 **N3:** Vehículos de PBV mayor a 12 toneladas.

4.1.4 **Categoría O.** Remolques (incluidos semiremolques).

4.1.4.1 **O1:** Remolques de PBV de 0,75 toneladas o menos.

4.1.4.2 **O2:** Remolques de PBV mayor a 0,75 hasta 3,5 toneladas.

4.1.4.3 **O3:** Remolques de PBV mayor a 3,5 hasta 10 toneladas.

**4.1.4.4 O4:** Remolques de PBV mayor a 10 toneladas.

**4.1.5 Combinaciones especiales.** Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N y O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

**4.1.5.1 SA:** Casas rodantes

**4.1.5.2 SB:** Vehículos blindados para el transporte de valores

**4.1.5.3 SC:** Ambulancias

**4.1.5.4 SD:** Vehículos funerarios

**4.1.5.5 SE:** Bomberos

**4.1.5.6 SF:** Vehículos celulares

**4.1.5.7 SG:** Porta tropas

**4.1.5.8 Otros**

**4.2** Los símbolos que anteceden deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia debe ser designado como N1SC, según lo establecido en el Anexo A de esta norma.







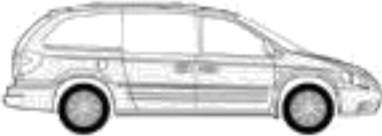

## ANEXO A

Para los efectos de esta norma, se establecen la clasificación de los vehículos según sus características constructivas, así como de su uso y aplicación.


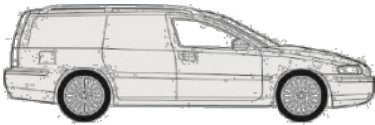
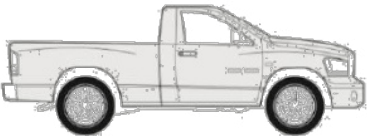
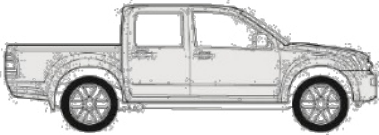
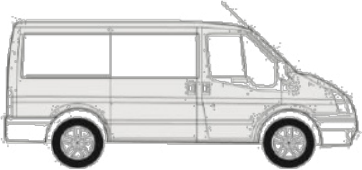
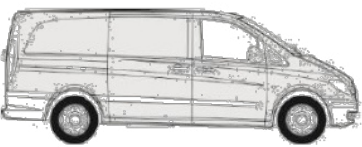
CÓDIGO	SUBCLASE	CLASE	DESCRIPCIÓN
BMT	L1	<b>BICIMOTO</b> 	Vehículo impulsado por un motor de muy baja potencia, con pedales de bicicleta para poder asistir al motor en las subidas o el arranque.
MTO	L1 L3	<b>MOTOCICLETA</b> 	Vehículo motorizado de dos ruedas para uso terrestre.
TRM	L2	<b>TRICI MOTO</b> 	Vehículo de tres ruedas y de variadas configuraciones, cuya parte delantera puede ser similar a la de una moto y la parte posterior está conformada por una extensión del chasis con dos ruedas posteriores; puede ser abiertos o cerrados, siendo destinado al transporte de pasajeros o de mercancías.
TRC	L2 L5	<b>TRICAR</b> 	Vehículo recreacional de tres ruedas.
CMT	M1 <sup>(1)</sup> N1 <sup>(1)</sup>	<b>CUATRIMOTO</b> 	Vehículo de trabajo, deportivo o de recreación, con timón, montura y motor tipo motocicleta y cuatro ruedas.  <sup>(1)</sup> Para efectos registrables, estos vehículos tienen el mismo tratamiento que los vehículos de la subclase L.
SED	M1	<b>SEDAN</b> 	Un sedán tiene un techo fijo hasta el parabrisas trasero, consta de tres volúmenes. Tiene 4 puertas y consta hasta 5 plazas.



(Continuación Anexo A)

CÓDIGO	SUBCLASE	CLASE	DESCRIPCIÓN
CPE	M1	<b>COUPÉ</b> 	Un coupé tiene techo fijo con tres volúmenes. Tienen 2 puertas y el número de plazas es hasta 5.
CNV	M1	<b>CONVERTIBLE</b> 	En este vehículo la principal característica es que el techo y la luneta son retráctiles o removibles.  Tienen hasta 4 puertas y el número de plazas es hasta 5.
HBK	M1	<b>HATCHBACK</b> 	La principal característica es que el área de pasajeros y de carga conforman un solo volumen. Tienen hasta 5 puertas y hasta 5 plazas en dos filas.
SWG	M1	<b>STATION WAGON</b> 	Vehículo desarrollado a partir de un Sedan, fabricado con una carrocería cerrada, con el techo fijo rígido, extendido hacia atrás para incrementar el espacio de carga. Tiene un número de plazas de hasta 5 en dos filas.
MVN	M1	<b>MINIVAN</b> 	Monovolumen orientado al transporte de pasajeros. Las puertas laterales posteriores pueden ser corredizas, en un máximo de 9 plazas.
UTL	M1	<b>UTILITARIO</b> 	Vehículo orientado especialmente al transporte de pasajeros dentro y fuera de carretera. Las puertas laterales deben ser abatibles, en un máximo de 8 plazas. La tracción puede ser 4x2 o 4x4.



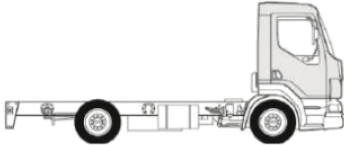
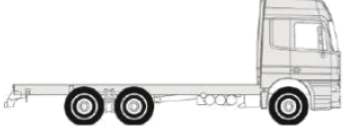

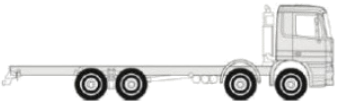
(Continuación Anexo A)

CÓDIGO	SUBCLASE	CLASE	DESCRIPCIÓN
LIM	M1	LIMOSINA 	Vehículo con distancia entre ejes extendida. Especialmente utilizado para el transporte de pasajeros.
FUN	M1SD M2SD N1SD N2SD	FUNERARIO 	Vehículo acondicionado para transportar féretros.
CMT	N1	CAMIONETA  	Una camioneta (pickup) es un vehículo especialmente diseñado para carga, con un volumen definido para carga, con un PBV de hasta 3.5 Ton.  El habitáculo de pasajeros puede ser cabina simple, doble cabina o cabina y media.
FGP	M2	FURGONETA DE PASAJEROS 	Vehículo cerrado diseñado para el transporte de pasajeros. El número de plazas puede ser hasta 18.
FGC	N1	FURGONETA DE CARGA 	Vehículo cerrado diseñado para el transporte de carga. No posee ventanas ni asientos en la parte posterior.

(Continuación Anexo A)

CÓDIGO	SUBCLASE	CLASE	DESCRIPCIÓN
AMB	SC	<b>AMBULANCIA</b> 	Vehículo automotor diseñado y acondicionado para trasladar y/o dar primeros auxilios a heridos o enfermos y para cuidados en emergencias médicas.
MCB	M2	<b>MICROBÚS</b> 	Vehículo orientado al transporte de pasajeros, con un espacio interno para la circulación de pasajeros (corredor central). El número de plazas puede ser hasta 26.
MNB	M3	<b>MINIBÚS</b> 	Vehículo orientado al transporte de pasajeros, con un espacio interno para la circulación de pasajeros (corredor central) El número de plazas puede ser hasta 60.
BUS	M3	<b>BUS</b>  	Vehículo destinado al transporte de pasajeros, con un espacio interno para la circulación de pasajeros (corredor central) El número de plazas puede ser hasta 90.
BDP	M3	<b>BUS DE DOS PISOS</b> 	Vehículo destinado al transporte de pasajeros, de dos plantas, con espacios internos para la circulación de pasajeros.
BCO	M3	<b>BUS COSTA</b> 	Vehículo diseñado para el transporte de pasajeros y mercancías a partir de un chasis cabinado. El volumen de pasajeros no posee puertas ni ventanas.

(Continuación Anexo A)

CÓDIGO	SUBCLASE	CLASE	DESCRIPCIÓN
ART	M3	ARTICULADO	Formado por dos o más secciones rígidas, articuladas entre sí, en el cual los compartimentos de pasajeros de cada sección se intercomunican, de manera que los pasajeros pueden desplazarse libremente por ellos.
			
CML	N1	CAMIÓN LIGERO	Vehículo para el transporte de carga provisto de un chasis cabinado al que se puede montar una estructura para transportar carga, con un número de 2 ejes.
			
CMM	N2	CAMIÓN MEDIANO	Vehículo para el transporte de carga provisto de un chasis cabinado al que se puede montar una estructura para transportar carga, con un número de 2 ejes.
			
CMP	N3	CAMIÓN PESADO	Vehículo para el transporte de carga provisto de un chasis cabinado al que se puede montar una estructura para transportar carga, con un número de 2 o más ejes.
			
			
			

Anexo [26]

Sonómetro Center 390 Datalogger

# CENTER 390 DATA LOGGER SOUND LEVEL METER



## Features:

- Complies with IEC 61672-1 class 2 standard.
- 32000 Records Data Logger.
- Manual Reading Recording Memory (99 points).
- LCD Recording Readout (99 memory recording).
- PC Interface.
- With Windows Software.
- AC/DC Signal Output.
- Resolution 0.1 dB.

CE

**CENTER**®





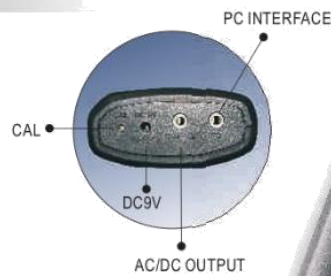
# CENTER 390 SOUND LEVEL METER

## FEATURES

- Complies with IEC 61672-1 class 2 standard.
- 32,000 Records Data Logger.
- Manual Reading Recording Memory(99 points).
- LCD Recording Readout(99 memory recording).
- PC Interface.
- With Windows Software.
- AC/DC Signal Output.
- Resolution 0.1 dB.

## SPECIFICATIONS

**Measurement Range:** 30 ~ 130dB  
**Accuracy:** +/- 1.4dB(ref 94 dB @ 1KHz)  
**Sampling Rate:** 2 times/sec  
**Frequency Weighting:** A/C  
**Time Weighting:** FAST, SLOW  
**Frequency Range:** 20 Hz ~ 8KHz  
**Microphone:**  
 1/2 inch Electret condenser microphone  
**Power Source:** 1.5V AA size battery x 4  
**Battery Life:** 30 hours(Alkaline)  
**Operating Condition:** 0°C to 40°C (<80%RH)  
**Storage Condition:** -10°C to 60°C (<70%RH)  
**Dimensions:** 272(L)X83(W)X42(H)mm  
**Weight:** Approx. 390g  
**Accessories:**  
 Batteries, Manual, Adjusting screwdriver, Windscreen,  
 3.5 φ plug, windows software, USB Cable, Carrying Case.



## LCD Display



\*The specifications and other information in this catalogue are subject to change without prior notice.



## CENTER TECHNOLOGY CORP.

4/F., NO.415, Jung-Jeng Rd., 238 Shu-Lin, Taipei, Taiwan  
 TEL: 886-2-26763926 E-Mail: center@centertek.com  
 FAX: 886-2-26763925 http://www.centertek.com

Distributed by:





## Anexo [27]

### Artículo - Análisis del sistema de transporte público privado de la ciudad de Quito – Ecuador

## Análisis del sistema de transporte público privado de la ciudad de Quito - Ecuador

### Analysis of the private public transport system of the city of Quito - Ecuador

Santiago Fernando CELI Ortega <sup>1</sup>

Recibido: 04/01/2018 • Aprobado: 02/02/2018

#### Contenido

1. Introducción
  2. Metodología
  3. Características de las unidades analizadas
  4. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

#### RESUMEN:

El documento realiza un análisis de la problemática actual del transporte público privado en el Distrito Metropolitano de Quito. Siendo uno de los mayores problemas la falta de fiscalización por el Municipio. Para esto se recopiló datos e información de una muestra de 5 operadoras de transporte urbanas. Para el control de las unidades se está implementando un nuevo sistema, el cual controla seguridad, velocidad y respeto de paradas por medio de GPS y cámaras implementadas en cada unidad.

**Palabras-Clave:** transporte público, autobús, movilidad, indicadores de oferta y demanda.

#### ABSTRACT:

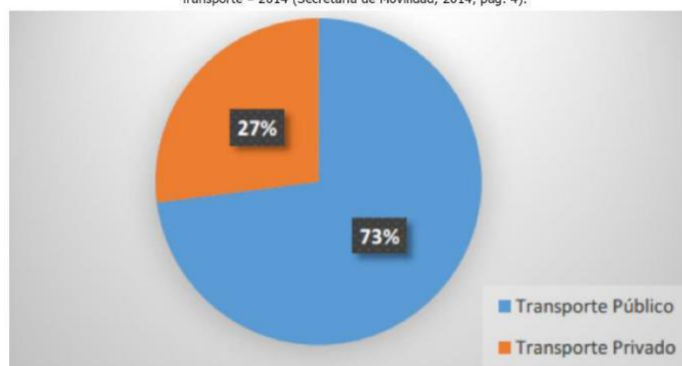
This research project aims at analyzing the current problems of private transport in the Metropolitan District of Quito. Being one of the biggest problems the lack of oversight by the Municipality. Data and information was compiled from a sample of 5 urban transport operators. To control the units there is a new system that is being implemented, which controls security, speed and respect of stops by GPS and cameras implemented in each unit.

**Keywords:** Public transport, bus, mobility, supply and demand indicators.

### 1. Movilidad en Quito

La movilidad es un aspecto fundamental para la vida y desarrollo de las ciudades. El Distrito Metropolitano de Quito (D.M.Q.) al ser una ciudad encerrada entre montañas y con posibilidades de expansión únicamente lineales, la movilidad es uno de los mayores problemas, limitando y afectando la economía urbana, la seguridad vial y la calidad de vida de la población; debido a que no tiene un desarrollo vial adecuado y cuya capacidad está siendo superada; además se agrava año tras año con el "crecimiento del parque automotor con una tasa del 11% anual." (El Telégrafo, 2013). La mayor concentración de congestionamientos se da principalmente en las llamadas "horas pico" y en la zona conocida como el "hipercentro", que es la delimitada por: "Al sur: Calle Ambato; al oeste: Av. América-calle Imbabura; al norte: Av. El Inca; al este: Av. 6 de Diciembre - Av. 12 de Octubre - Av. Gran Colombia." (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 5). "En el transcurso de los últimos 6 años, la velocidad media general de circulación en el sistema vial del DMQ ha experimentado un descenso, pasando de 19,9 km/h a 14,1 km/h" (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 16). "Según encuestas de movilidad realizadas por la Comunidad de Madrid para el Municipio de Quito se demuestra que el 73% de la población utiliza el transporte público como movilización diaria." (Explored, 2012). A continuación en la figura 1, se puede observar la distribución modal de viajes por modos de transporte en el 2014.

**Figura 1**  
Distribución Modal de Viajes Desglosada por Modos de Transporte – 2014 (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 4).



Estas cifras sin embargo no representan el uso del espacio vial puesto que el 70% de este es utilizado por vehículos particulares mientras que solo el 30% restante es usado por el transporte público. (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 6).

Otro de los problemas en el transporte colectivo es la mala distribución de las rutas puesto que "la mitad de las operadoras tienen tramos de recorridos similares, según datos de la Cámara de Transporte de Quito, en la Marín confluyen 1650 de los 2750 buses urbanos de la ciudad." (Pacheco, 2014). Lo que ocasiona que exista una competencia entre las unidades de transporte por ganar pasajeros, esto se trató de controlar y evitar con un modelo de gestión centralizada conocido como "caja común" el cual fue establecido por ley y se implementó desde diciembre del 2013. (Guerrero, 2015). Con este esquema se da una repartición equitativa de los gastos e ingresos entre los miembros de las operadoras, promoviendo una cultura de cero accidentes por la reducción de la conducción competitiva, pero esto no provocó cambios ni resultado alguno entre los buses de otras compañías que comparten las rutas. "Según datos del Municipio, en Quito hay 62 operadoras. De estas, 34 ya son parte de este método de cobranza. Otras 22, en cambio, están en proceso. Quedan seis, de las cuales tres deben completar los requisitos y otras tres no han iniciado el trámite." (Guerrero, 2015).

Uno de los problemas que se ha acarreado desde siempre es el tema del alza de pasajes la cuál ha sido controlada por medio de subsidios dados por el Municipio de Quito, la última negociación se dio en febrero del presente año, entre el municipio, dirigentes de la cámara de transporte del DMQ y el pleno del Consejo Metropolitano; llegando al consenso de mantener las tarifas de pasajes en \$0,25 para adultos, \$0,12 para niños, estudiantes y

tercera edad, pero además se redujo a \$0,10 para discapacitados; teniendo un mejor paquete de subsidios siendo estos una "compensación condicionada" a la que se puede acceder cumpliendo ciertos requisitos básicos.

Los propietarios de los vehículos con sistema de Caja Común en proceso de implementación recibirán un subsidio de entre 0 y 450 dólares mensuales, mientras que las operadoras que ya cuentan con la Caja Común la compensación irán de 0 a 1000 dólares mensuales, si cumplen un estándar de calidad que tiene una treintena de parámetros. Entre estos parámetros está que tan solo por cuidar la limpieza de las unidades, se aseguran un subsidio de 153 dólares, por el mantenimiento de la caja común 94.89 dólares, por adecuaciones a los vehículos para permitir el acceso de discapacitados 79.17 dólares, para capacitación integral de choferes y ayudantes 67.20 dólares. Además si cuentan con uniforme para cuidar la imagen corporativa se les acreditará 34.13 dólares y 22 dólares si brindan información adecuada a los usuarios. (La Hora, 2015).

Jorge Yáñez, directivo del sector de la transportación, señaló que los acuerdos con la municipalidad tendrán una vigencia de dos años; el Alcalde informó a los concejales que se requerirán \$21 millones anuales para la compensación a los transportistas, y esta se obtendrá de una optimización administrativa del cabildo. (El Telégrafo, 2015).

Como contraparte los usuarios del transporte convencional esperan que estos acuerdos se cumplan y sean controlados puesto que en Quito "en un día promedio se hacen 1,2 millones de desplazamientos en buses convencionales. Las personas que se movilizan en una de las 2750 unidades denuncian malos tratos: esperan por minutos una unidad, corren para abordarlas, viajan de pie, etc." (Pacheco, 2014).

Otro problema en el sistema de transporte público es la inseguridad ya que transportarse en Quito se ha transformado en una batalla diaria, esto se experimenta en la gran mayoría de paradas de la ciudad en donde no existe el respeto a niños, mujeres embarazadas o personas de la tercera edad, lo que es más notorio aún en las horas pico por la aglomeración de la gente que trata de movilizarse a sus trabajos o centros de estudio, las unidades viajan con un exceso de pasajeros que en la mayoría de casos es 90 personas entre parados y sentados, en algunos casos van colgados de las puertas, otras personas corren entre los autos para poder subir a su bus, haciéndolo mientras estos están en movimiento; esto es fácilmente comprobable sobre todo en las avenidas y sectores que son un cuello de botella, en las cuales confluyen muchas rutas y operadoras como los son: la Marín, el Recreo, la Av. Napo, los Túneles, la Av. Galo Plaza Lasso, el Comité del Pueblo entre otras. En la figura 2 se puede observar la aglomeración de gente viajando colgada de la puerta de una unidad de transporte, mientras en la figura 3 se puede observar gente caminando frente a los buses puesto que estos no respetan sus paradas.

**Figura 2**  
Personas Viajando Colgadas de la Puerta (Flores, 2013).

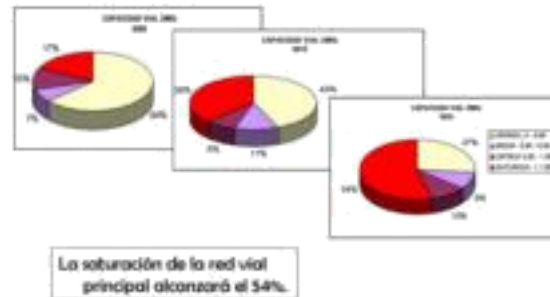


**Figura 3**  
Buses Irrespetando las Paradas (El Comercio, 2011).



El plan maestro de movilidad del DMQ del 2009 al 2025 tiene como política privilegiar al transporte colectivo como el modo preferente de movilización, además se propende a racionalizar el uso del vehículo individual para de esta manera tratar de reducir la tendencia a la saturación de la red vial principal. (EMMOP-Q, 2009 - 2025, pág. 11). En la figura 4 se puede ver la tendencia a la saturación de la capacidad de la red vial del 2006 al 2025.

**Figura 4**  
Tendencia a la Saturación de la Capacidad de la Red Vial 2006 - 2025 (EMMOP-Q, 2009 - 2025, pág. 6).



Para circular en Quito los autobuses deben cumplir con normativa técnica para carrocerías, el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares CCICEV mediante su área técnica de Inspección en convenio con la Agencia Nacional de Tránsito ANT y la empresa Pública de Movilidad y Obras Públicas EPMOP - Q, emite el informe técnico de evaluación de la conformidad de las carrocerías según las normativas vigentes: RTE INEN 034: Elementos de Seguridad en Vehículos Automotores. RTE INEN 2205: Vehículos Automotores. Bus Urbano. RTE INEN 043: Buses interprovinciales e intraprovinciales. (CCICEV, 2015).

## 2. Metodología

Para realizar el análisis de los datos recopilados en este proyecto primero se calculará el tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población o universo, aplicando la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2 + (N - 1) + k^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Donde:

N: tamaño de la población o universo.

n: tamaño de la muestra.

Z: nivel de confianza.

p: probabilidad de éxito, este dato es desconocido y se supone que  $p = q = 0,5$ , que maximiza el muestreo pero es la opción más segura.

q: probabilidad de fracaso, es  $1-p$ .

d: precisión o el error máximo admisible en términos de proporción. (Inga. Paz & Inga. Torres, pág. 11)

La recopilación de los datos se los realizó en el DMQ por medio de entrevistas y conversatorios con el personal de las operadoras de transporte escogidas para este estudio. Los análisis y comparaciones entre compañías se los harán por medio de tablas y gráficos en Microsoft Excel.

Aplicando la fórmula para el tamaño de la muestra se obtiene como resultado que para el desarrollo de este proyecto se necesita una muestra de 5 operadoras de transporte al azar, siendo las seleccionadas las siguientes: Transalfa S.A., Compañía de Transportes Latinos "Translatinos" S.A., CATUV Compañía Anónima de Transportes Urbanos Victoria, Compañía de Transporte Planeta "Transplaneta" S.A. y la Compañía Vencedores de Pichincha S.A.

### Transalfa S.A.

Es una compañía de buses urbanos que se constituyó el 14 de febrero 1995 y dio inicio a sus operaciones en el Distrito Metropolitano de Quito en marzo de 1996. Iniciaron operando con la ruta Balcón del Valle- la Comuna con 18 unidades, después de un año incrementaron 15 unidades más para satisfacer las necesidades de transporte en dichas zonas; a partir del año 1997 incrementan las rutas creando una alternativa de transporte para sectores donde no llegaba ningún transporte. Manejan caja común a partir del año 2013 y todas sus unidades cuenta con el sistema de GPS del Municipio de Quito. Esta operadora tiene 43 accionistas y una flota de 50 buses los cuales son distribuidos en tres rutas urbanas de Quito.

Para el control de la "caja común" se utiliza los tickets numerados que se entrega a cada usuario al momento de subir a la unidad y cancelar su pasaje, con lo que pueden tener un conteo de pasajeros que llevan diario, manejando un promedio de 1000 personas por día por unidad, dando un total de más o menos 52000 pasajeros de lunes a viernes, 30000 los sábados y 20000 los domingos; en promedio cada unidad da 5 vueltas a su ruta. Todos los días al finalizar la jornada proceden a depositar al dinero en la terminal de buses.

Aunque poseen el sistema de caja común esta operadora no se hace cargo del contrato de choferes ni ayudantes por lo que el dueño de cada unidad es el responsable del contrato y afiliación de los mismos, la operadora únicamente posee una base de datos con los datos de los conductores. La operadora se encarga del pago de los sueldos semanales a choferes y ayudantes haciendo el descuento pertinente al socio, mientras que a los socios se procede a cancelar quincenalmente por pedido de los mismos. Continúan trabajando con el sistema de relojes timbradores y despachadores, bienen convenio con una mecánica para mantenimientos preventivos y correctivos de sus unidades obteniendo un descuento pero cada propietario se encarga del pago de los mismos. En las siguientes figuras se puede observar una comparación de la distancia del recorrido de cada ruta en Km con el tiempo que se demora en dar vuelta a la ruta en minutos, se toma en cuenta además la variación de tiempo que existe en horas pico y horas valle.

Figura 5  
Km Vs Minutos Transalfa hora pico

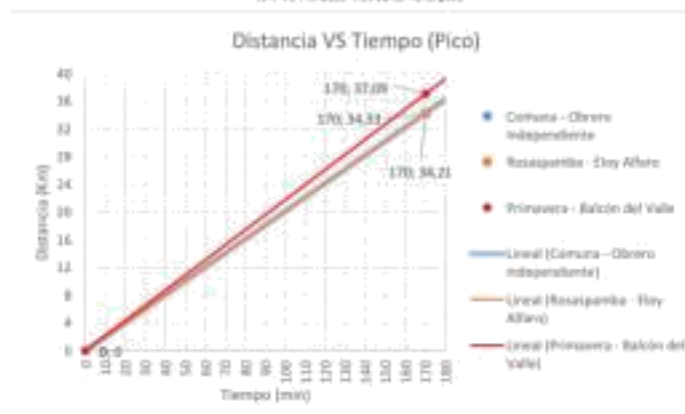
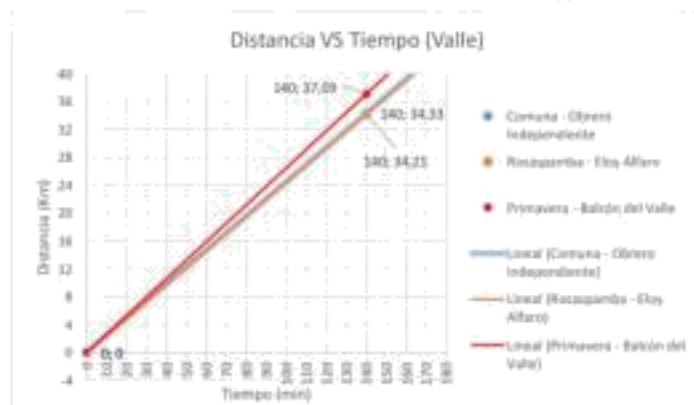




Figura 6  
Km Vs Minutos Translatino hora valle



### Compañía de Transportes Latinos "Translatinos" S.A.

Es una Operadora de Transporte urbano, del Distrito Metropolitano de Quito, que inició sus operaciones desde el 1 de marzo de 1995; dieron inicio con la ruta Unión Popular - Seminario Mayor con capacidad para 31 unidades. Esta ruta no tenía como punto de llegada la Marín, ya que fue trazada por la antigua vía Oriental, significando rapidez, descongestión, ahorro de tiempo de viaje para el usuario, esta ruta rompió paradigmas en el transporte público de Quito. Se manejan bajo el sistema de "Caja Común" a partir del año 2013, siendo la pionera en el transporte masivo privado de Quito, además todas sus unidades cuentan con el sistema de GPS entregado por el Municipio de Quito. Cuenta con una flota de 116 buses, de los cuales solo 44 son usados para la única ruta convencional que poseen, el resto son utilizados en las rutas municipales.

En promedio la cantidad de pasajeros diarios en esta operadora es de 800 por unidad de lunes a viernes, disminuyendo un 40% los sábados y un 60% los domingos; cada unidad debe dar 5 vueltas diarias a su ruta.

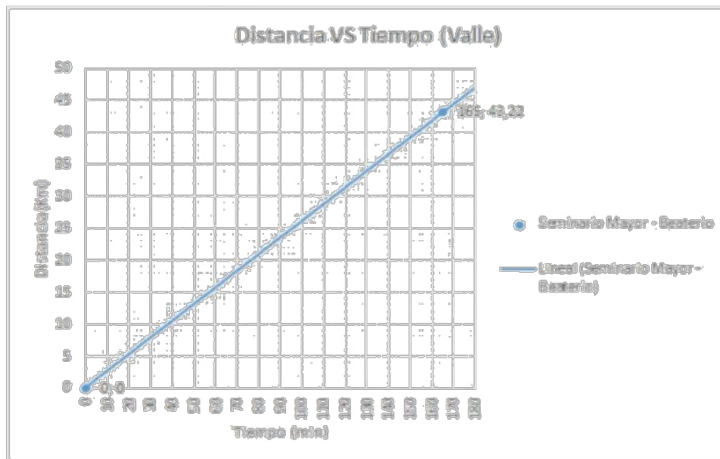
La particularidad de esta operadora es que siendo la pionera en el establecimiento de la "Caja Común" todo el control a las unidades y pasajeros es tecnológico, cuentan con un software diseñado para sus propias necesidades el cual es utilizado de manera independiente por la compañía sin interferencia del Municipio de Quito. Para el conteo de pasajeros utilizan detección láser y no tickets, por esto no necesitan de ayudantes y con el dinero ahorrado de los sueldos de estos ya han cancelado el contador láser. Los tiempos y rutas son controlados por medio de GPS. Poseen una mecánica propia y prepagada ya que se cobra una cuota por gastos de administración, por lo cual las unidades ocupan la mano de obra sin pagar lo único que pagan es repuestos. Todos los trabajadores de esta operadora reciben una capacitación mensual como lo exige el Municipio de Quito.

En las siguientes figuras se puede observar una comparación de la distancia del recorrido en Km con el tiempo que se demora en dar vuelta a la ruta en minutos, entre horas pico y horas valle.

Figura 7  
Km Vs Minutos Translatino hora pico



Figura 8  
Km Vs Minutos Translatino hora valle



### CATUV Compañía Anónima de Transportes Urbanos Victoria

Compañía de transporte urbano de Quito que poseen rutas convencionales y municipales. Iniciaron operaciones en 1981 y su gerente es el Sr. Nelson Brito. Funcionan como una empresa, no como dueños individuales de las unidades sino como accionistas logrando con esto que en la "caja común" sistema que lo utilizan a partir del año 2011, exista una repartición equitativa de las ganancias. Iniciaron con la ruta Colón - Camal y es una de las únicas compañías de transporte convencional de Quito que poseen 2 choferes y 2 ayudantes por unidad, logrando con esto que se cumpla turnos de 8 horas diarios, están afiliados al IESS, los choferes poseen licencia D o E actualizadas y los ayudantes son mayores de edad con instrucción media sin discriminación de género. Gracias al apoyo y trabajo de socios y colaboradores pudieron construir una mecánica automotriz exclusiva para el mantenimiento y reparación de sus vehículos. Tienen una flota de 66 buses de los cuales 47 son utilizados en sus dos rutas convencionales y los otros 19 en rutas municipales.

En las siguientes tablas se puede observar los horarios de operación, intervalos de salida, tiempo total por vuelta, distancia de recorrido en Km, la cantidad de flota y los barrios de origen y destino de cada una de las rutas de esta operadora.

En las siguientes figuras se puede observar una comparación de la distancia del recorrido de cada ruta en Km con el tiempo que se demora en dar vuelta a la ruta en minutos, se toma en cuenta además la variación de tiempo que existe en horas pico y horas valle.

Figura 9  
Km Vs Minutos Victoria hora pico

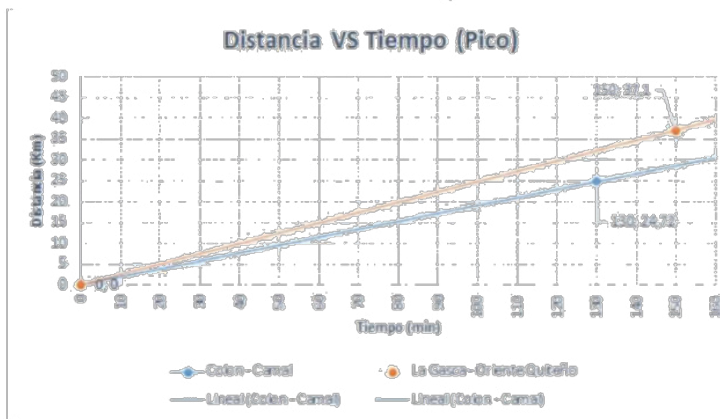
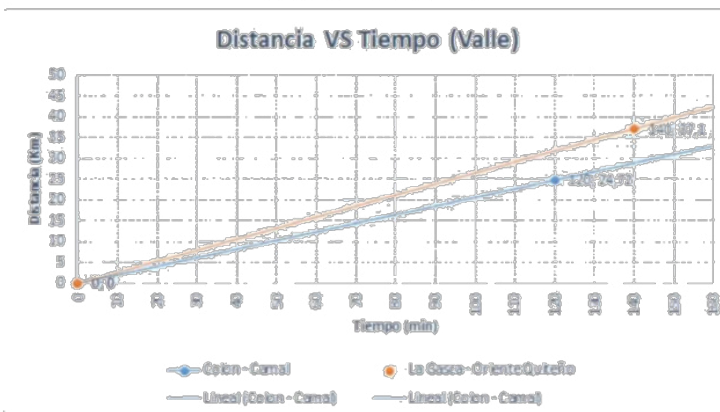


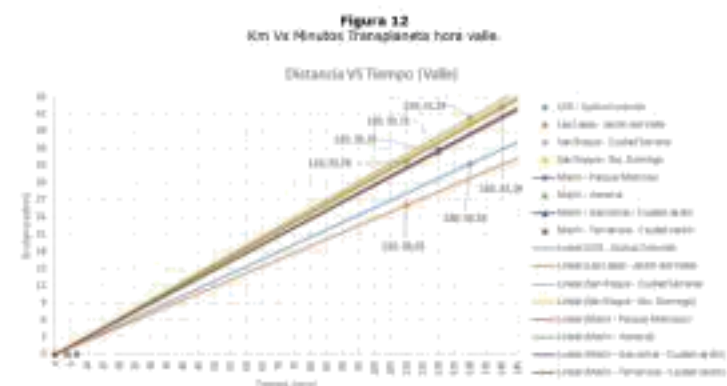
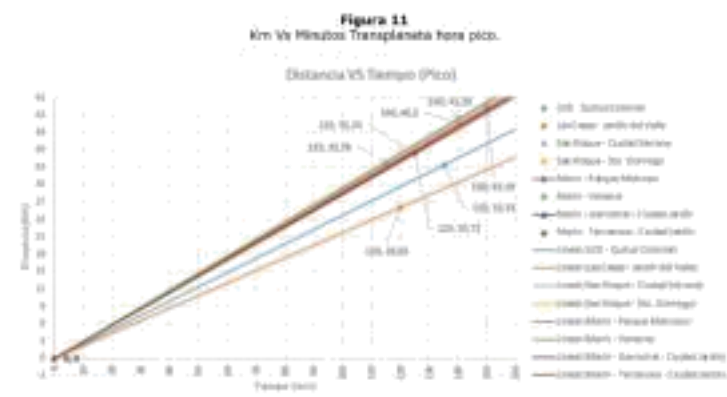
Figura 10  
Km Vs Minutos Victoria hora valle:



## Compañía de Transporte Planeta "Transplaneta" S.A.

Esta compañía de transporte se constituyó en el Distrito Metropolitano de Quito e inicio sus operaciones en el año 1995. Poseen 8 rutas y una flota de 145 buses de los cuales 110 son para sus rutas convencionales y 35 para rutas municipales. Manejan caja común a partir del año 2013 y todas sus unidades cuenta con el sistema de GPS del Municipio de Quito. Según cálculos de su caja común transportan en promedio 800 pasajeros de lunes a viernes por unidad mientras que los sábados este valor se reduce en un 40% y los domingos en un 60%. Esta operadora tiene convenio con una mecánica en la cual los socios cancelan los repuestos no así la mano de obra. Algunos de sus buses poseen un seguro particular aparte del SOAT pero este no es obligatorio por lo que depende de la decisión del dueño de la unidad. Al operar al sur de la ciudad tienen la posibilidad de ampliar sus rutas dependiendo la densidad poblacional o pedido de los barrios a la secretaria de movilidad, al sur es el único sector en el cual está permitido ampliar rutas no así al norte y centro de Quito.

En las siguientes figuras se puede observar una comparación de la distancia del recorrido de cada ruta en Km con el tiempo que se demora en dar vuelta a la ruta en minutos, se toma en cuenta además la variación de tiempo que existe en horas pico y horas valle.



## Compañía Vencedores de Pichincha S.A.

Se constituyó en el Distrito Metropolitano de Quito como Precooperativa en 1982, como Cooperativa en 1990 y como Compañía de transporte en 1997. Da inicio a sus operaciones en el año 1980 de manera informal con 22 unidades con la ruta Quito Sur-Marín, su gestor principal, fundador y primer presidente fue el Sr. Luis Barahona. En el año 1990 se retira la ruta Quito Sur-Marín y se implementan otras que se asume beneficiarán mayormente a los ciudadanos de la urbe, además se incrementaron unidades que ayudaron con el proceso de mejora de la Compañía. Esta compañía ha manejado rutas conflictivas por el déficit de mantenimiento vial e implementación de planes que ofrezca buenas calles y carreteras a los sectores más alejados dentro de la urbe como es la ruta Caupicho - U. Central, a pesar de las malas condiciones de las vías para llegar a estos sectores la compañía no ha suspendido el servicio de transporte. Otro caso muy similar es el de la ruta La Libertad-U. Central.

Manejan caja común a partir del año 2013 y todas sus unidades cuenta con el sistema de GPS del Municipio de Quito. Poseen una flota de 87 unidades y 7 rutas convencionales en las que utilizan 70 unidades y las obras 17 unidades son usadas en rutas municipales; transportan 800 pasajeros diarios por unidad de lunes a viernes, 500 sábados y 350 los días domingo.

Tienen convenio con una mecánica en la que reciben un descuento pero cada dueño paga por su unidad. El combustible puede ser pagado mensualmente ya que tienen convenio también con una gasolinera.

En las siguientes figuras se puede observar una comparación de la distancia del recorrido de cada ruta en Km con el tiempo que se demora en dar vuelta a la ruta en minutos, se toma en cuenta además la variación de tiempo que existe en horas pico y horas valle.

**Figura 13**  
Km Vs Minutos Vencedores de Pichincha hora pico



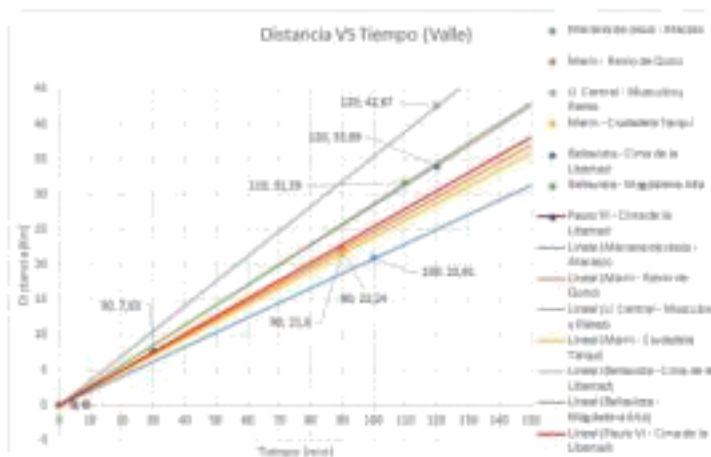
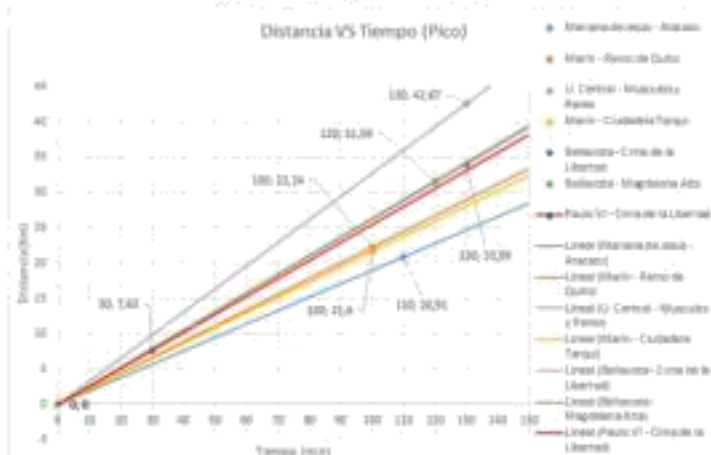


Figura 14  
Km vs Minutos Velocidad de Riobamba hacia valle



La secretaria de movilidad gestiona la fiscalización y entrega horarios de trabajo a las operadoras, esto se da llegando a un consenso con la operadora y la secretaria basándose en el testimonio de los choferes quienes indican hasta que hora hay o no pasajeros. Emite permisos hace tramites contratos y controla el funcionamiento logístico de las operadoras

La AMT fiscaliza y controla el funcionamiento de las unidades además controlan normas técnicas, realizan una visita mensual a las operadoras para fiscalización.

Centro de Gestión de la movilidad es el encargado de entregar las rutas y tiempos a las operadoras además se encarga de señalización foto multas y cámaras. Las cámaras están repartidas para el ECU-911, la ANT y las Foto multas; aquí deciden ubicación de paradas y terminales.

El centro de gestión de flotas es el encargado de firmar los contratos con las operadoras.

Las personas que están ubicadas en algunas paradas de las rutas con un cuaderno son las encargadas de dar los tiempos, sirven como un reloj pero estos dan información de la distancia de otros buses por medio del tiempo pudiendo ser estos de la misma compañía o de otras que se desplazan por la misma ruta. Algunos son personas naturales con RICE quienes reciben un pago diario por cada unidad y otras son contratadas por un grupo de compañías que pasan por los mismo tramos de rutas para recibir información de los otros; reciben un pago diario de \$15 más \$6 de comida aparte de esto reciben las propinas de los choferes que es con lo que más ganan, usualmente \$40 diarios.

En caso de existir nuevas rutas estas son entregadas a las compañías cercanas a la ruta si es que estas cumplen con la cantidad de flota necesaria o se realiza un concurso de méritos por medio del municipio.

Uno de los mayores problemas con los que se enfrentan las operadoras es la falta de personal calificado para manejar los buses ya que hay muchas personas que tienen la licencia pero nunca han manejado un bus u otros que saben manejar pero no han tenido la oportunidad de obtener la licencia.

En las reuniones con el municipio se ha llegado a la conclusión de que en 18 meses se implementara todo el control tecnológico de las unidades tales como el GPS, tarjeta magnética para el pago del pasaje, cámaras de seguridad.

El costo de mover un bus urbano en el Distrito Metropolitano de Quito por 1 Km es de \$1.40 tomando en cuenta diésel, mantenimientos y una pequeña utilidad; según estudios técnicos el pasaje debería costar mínimo \$0.42 pero por cuestiones políticas no se permite el alza de pasajes y se sigue manejando subsidios los cuales no cubren totalmente los gastos que implica el mantenimiento de un bus

En promedio se trata de cambiar las unidades cada 10 o 12 años para no tener una pérdida total del capital invertido, si llegan a pasar los 16 años de antigüedad se exponen a la perdida casi total de su capital. Los mantenimientos preventivos dependen de las rutas y estado de las vias pudiendo llegar a ser cada 20 o 30 días. La mayoría de los buses usados en el transporte urbano tienen carrocería nacional con muy pocas excepciones que tienen carrocería importada de Brasil, siendo los brasileños de mejor calidad frente el uso y abuso que se da a las unidades; de estos absolutamente todos tienen chasis extranjero.

Las medidas de tiempo por vuelta que se tiene en cada tabla están en formato de horas:minutos y para el cálculo de la velocidad en km/h se necesita cambiar los minutos del tiempo a horas, eso se lo puede realizar dividiendo los minutos para 60 y sumando las horas.

Se realizara el cálculo de la velocidad de las unidades para comparación entre las mismas con la ecuación:

$$v = \frac{d}{t} \quad (2)$$

Dónde:

v Velocidad (Km/h),  
d Distancia (Km),  
t Tiempo (h).

Para el cálculo de las ganancias por unidad en el sistema de "caja común" las operadoras lo calculan dando un valor a cada vuelta que de la unidad independientemente de si la ruta es más larga o corta que la de otras unidades, por esto es que se rota las rutas. Suponiendo que tienen una ganancia de \$30000 al día las ecuaciones que se utilizan son las siguientes.

Por vuelta:

$$\text{Ganancia total del día} \div \# \text{unidades en su flota} = x \quad (3)$$

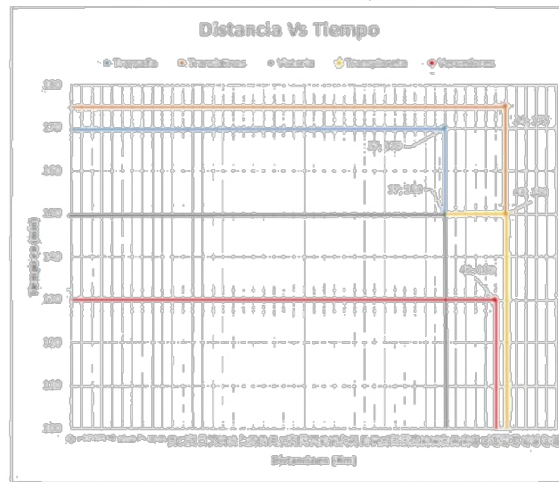
$$x \div \# \text{vueltas por unidad} = \text{Valor } C / \text{vuelta} \quad (4)$$

### 3. Características de las unidades analizadas

Según los datos recopilados de cantidad de pasajeros, la ganancia depende de la cantidad de flota que tenga la operadora y la densidad poblacional de los sectores por donde circulan. Existen algunas rutas llamadas lentas en las que hay pérdida de dinero pero lo compensan con el resto de rutas que son largas y pasan por lugares de mucho movimiento comercial.

En la figura 15 se tiene una comparación de las 5 operadoras entre las rutas más largas y los tiempos en los que se recorren.

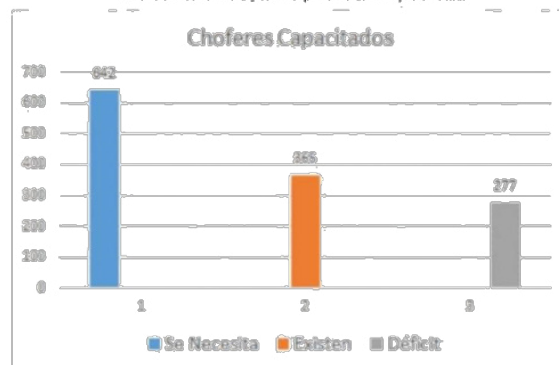
**Figura 15**  
Ruta más eficiente de las 5 compañías.



Se obtiene que la operadora con la ruta más eficiente es la Vencedores de Pichincha con la ruta: U. Central – Caupicho – Músculos y Rieles viajando a una velocidad promedio de 19.69 Km/h.

En la figura 16 se observa el déficit existencial de choferes con licencia tipo D o E, capacitados para manejar un bus y de esta manera lograr tener dos choferes por unidad con turnos de 8 horas cada uno.

**Figura 16**  
Choferes existentes y déficit para tener dos por unidad



Por esta razón la mayoría de compañías aun trabaja con un solo chofer por unidad, a la espera de que las escuelas de choferes gradúen a más profesionales y exista una ordenanza en la que se obligue a tener dos choferes con turnos de 8 horas cada uno.

En la figura 17 se observa que todas las unidades estudiadas poseen el GPS municipal, pero únicamente 44 poseen uno propio aparte del municipal. El uso de dos GPS en una misma unidad viene a ser un desperdicio de recursos, pero la negativa del municipio a entregar a las compañías la información del GPS ha obligado a algunas a tomar esta alternativa para tener un mejor control de sus unidades así como un mejor desenvolvimiento de su caja común.

**Figura 17**  
Unidades con GPS Municipal y GPS propio.





## Anexo [28]

### Estudio Acústico de Acondicionamiento del túnel de la alcazaba Pag 17-24



calles adyacentes están cerrados y en periodos de máximo tráfico, fácilmente se llegan o incluso se superan estos valores.

Para la modelización de estas fuentes, se van a distribuir de forma uniforme a lo largo de toda la longitud del túnel, en disposición tresbolillo en cada sentido.

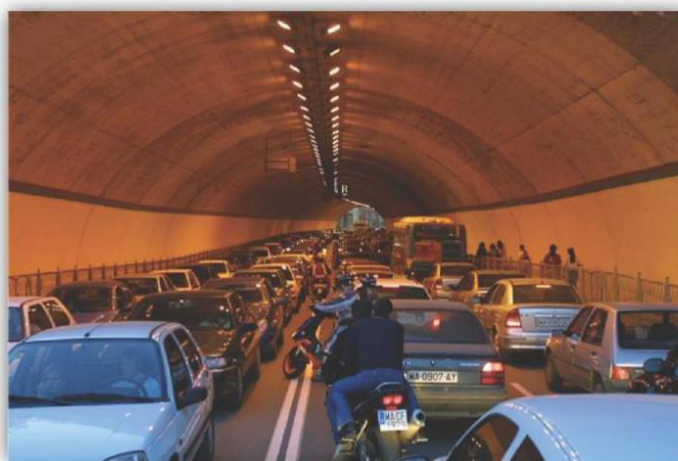


Figura 9 Vista interior del túnel con tráfico denso

## 5.- PROBLEMÁTICA

Desde la inauguración del túnel, se viene manifestando un grave problema de nivel sonoro interior, no se puede olvidar que este túnel no sólo descongestiona el tráfico, sino que por sus dos aceras circulan bastantes peatones. Estos peatones en su recorrido por el interior se ven expuestos a un nivel acústico excesivo y que es superior a que pueda existir en las aceras de cualquier vía urbana congestionada. Esto hace pensar que se da un problema de aumento de intensidad por sucesivas reflexiones interiores y que no fue considerado en el proyecto inicial.

Por la situación céntrica del vial y la densidad de peatones que circulan, un problema que a priori no tendría mayor incidencia en cualquier otro túnel se convierte en un grave inconveniente y que debe ser afrontado por las autoridades municipales.



Según el último informe de 6/03/12 de “Mediciones de corta duración en el Túnel de la Alcazaba” los viandantes se ven sometidos a un nivel continuo equivalente Leq de 90 dBA, lo que incumple los valores indicados en:

- a) Tabla A del Anexo II del RD 1367/2007, sobre objetivos de calidad acústica para el ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes.
- b) Tabla I del artículo 9 del D6/2012, sobre objetivos de calidad acústica para ruidos aplicables a áreas urbanizadas existentes, en decibelios acústicos con ponderación A (dBA)
- c) Punto 3 del artículo 4 de la Ordenanza para la Prevención y Control de Ruidos y Vibraciones, Ayuntamiento de Málaga.

Por otro lado, se ha generado una alarma ciudadana que se ha recogido en varios artículos de prensa local, de los que se reproducen los más interesantes en el anexo **1**.

## 6.- MODELIZACIÓN

---

Para poder evaluar adecuadamente los procesos de reflexiones que se dan en el interior del túnel se ha procedido a efectuar una modelización de este mediante su digitalización y posterior tratamiento con un programa acústico.

### 6.1.- AUTOCAD

---

Como primer paso y tomando como base los propios planos del diseño del túnel, se ha realizado un modelado en 3D del mismo, para lo cual se ha utilizado el programa *Autocad versión 2013*®.

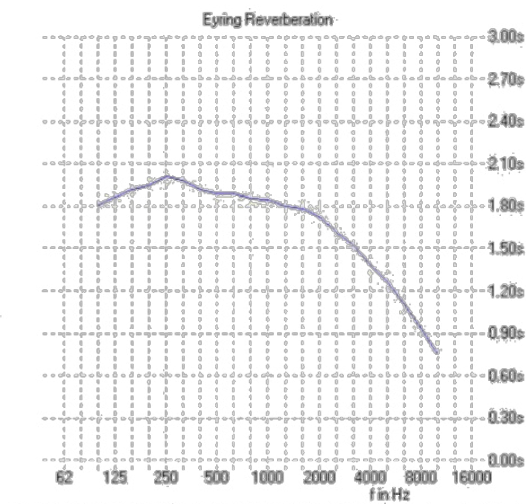




## 6.2.- EASE

Para la modelización acústica del túnel se emplea el programa *EASE®*. Todo el arduo proceso de simulación sonora se describe en el anexo 2.

A la vista de los datos obtenidos en este proceso se puede comprobar que existe un alto tiempo de reverberación en el recinto, oscilando entorno a valores de 1,8 segundos. Si nos centramos en la frecuencia donde se concentra la potencia de emisión del espectro típico de ruido de tráfico rodado, aproximadamente 200 Hz, se obtiene un pico de reverberación de 1,95 segundos.

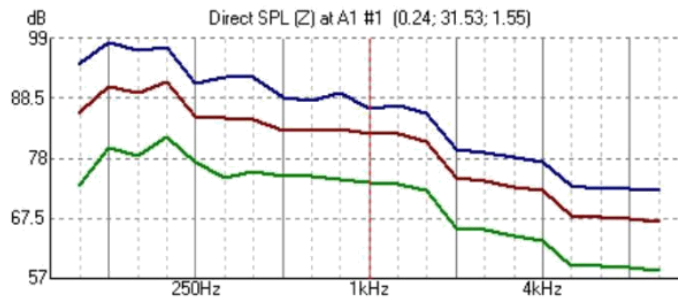


[c] EASE 4.3 / EASE Hall / 18/09/2015 19:45:49 / jolly Proaudio Broadcast Engi

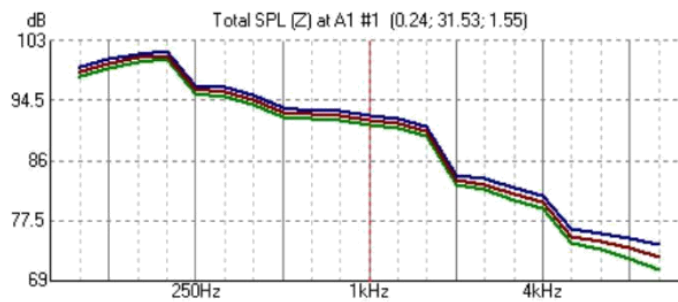
Figura 10 Tiempo de reverberación del recinto

También puede observarse que se obtienen unos niveles, tanto directo como total, muy elevados, especialmente en la franja de los 200 Hz.

El nivel SPL directo que se mide en el plano de audiencia es de 98,45 dB. Los niveles alcanzados de SPL total, que son los que percibe el viandante, tienen un valor medio total con ponderación A de 101,22 dBA, llegando a valores pico máximos en bandas en de 102 dBZ al evaluar el ruido a bajas frecuencias.



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 18/08/2015 20:01:28 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. It



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 18/08/2015 20:05:41 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. It

Figura 11 Curvas de niveles de SPL directo y total en la situación inicial

## 7.- PROPUESTA DE SOLUCIONES

Se plantean, a la vista de los resultados obtenidos, tres posibles soluciones que pasamos a describir.

### 7.1.- ASFALTO FONOAORSORBENTE

Estos firmes están formados por una capa de rodadura, con buenas características funcionales acústicas.



Las capas de rodadura se realizan con mezcla bituminosa en caliente discontinua, denominada fonoabsorbente FA, por mezcla bituminosa semidensa S, o por mezcla bituminosa en caliente drenante tipo PA.

La mezcla bituminosa FA será empleada en todas las secciones como capa de rodadura para tráficos muy pesado, pesado y medio, en un espesor de 3 cm. Para tráfico ligero, se dispondrá una mezcla bituminosa tipo S-12, con un espesor de 5 cm.

No se han encontrado fichas técnicas donde se determine los coeficientes de absorción en función de la frecuencia. No obstante, existe documentación donde se indica que la reducción acústica media de los niveles sonoros oscila en torno a los 3-4 dBA, con una reducción máxima de 6 dBA.

Si se aplica esto al caso del túnel, los niveles obtenidos no disminuyen lo suficiente como para llegar a valores aceptables, ya que se seguiría estando muy por encima de los límites establecidos de calidad acústica.

Se considera que esta medida puede ser adecuada en combinación con otras, de manera que puedan superponer ambas sus efectos de reducción acústica.



Figura 12 Asfalto fonoabsorbente



## 7.2.- MORTERO ABSORBENTE

Se estima que en el interior del túnel existe el problema de excesivas reflexiones por una superficie con un coeficiente de absorción demasiado bajo. Por ello, se plantea como posible medida el recubrimiento interior del arco del túnel con un mortero proyectado absorbente de marca Vermacustic o similar (ver plano nº 3.4.1).

El material escogido se trata de un mortero proyectable seco, ligero y exento de amianto. Este mortero se destina a la corrección acústica de locales industriales, centros docentes, salas de espectáculos, estudios de grabación, bibliotecas, restaurantes, centros de convenciones, discotecas, lugares ruidosos, talleres y fábricas, hoteles, pabellones deportivos y, como en este caso, túneles y otros elementos de obras públicas.

El aspecto que presenta el material, después de su secado completo, es de color blanco grisáceo, lo cual permite su completa integración en todo tipo de arquitectura o decoración de interiores. Tras el secado, el mortero queda ligero y perfectamente adherido al soporte.

Previo a la aplicación del proyectado es necesario aplicar sobre el soporte una capa de puente de unión. Las superficies destinadas a recibir la aplicación del mortero deben encontrarse limpias y perfectamente desengrasadas. La aplicación del mortero deberá realizarse con maquinaria tipo tornillo sin fin, estator o rotor, que no produzca ningún tipo de recalentamiento o secado del producto.

Los espesores de aplicación varían entre 6 y 35 mm, en una sola capa.

El tipo de secado varía dependiendo de la temperatura, la higrometría ambiente y el espesor de la aplicación. Su endurecimiento es total entre 10 y 15 días después de su aplicación.



Figura 13 Aplicación de mortero absorbente proyectable



El mortero contiene un material expandido, por lo que los sacos deberán ser manipulados con cuidado y los palets no podrán ser apilados. La temperatura de aplicación del producto no podrá ser inferior a los 5°C.

Durante el tiempo de secado, será necesario evitar los riesgos de condensación de fuerte humedad sobre la base, ya que se podría producir un efecto de “lavado” del producto. Es imprescindible mantener una buena aireación del local.

La densidad del material es de 450 kg/m<sup>3</sup>, una vez seco.

El coeficiente de absorción varía con la frecuencia según el gráfico siguiente:

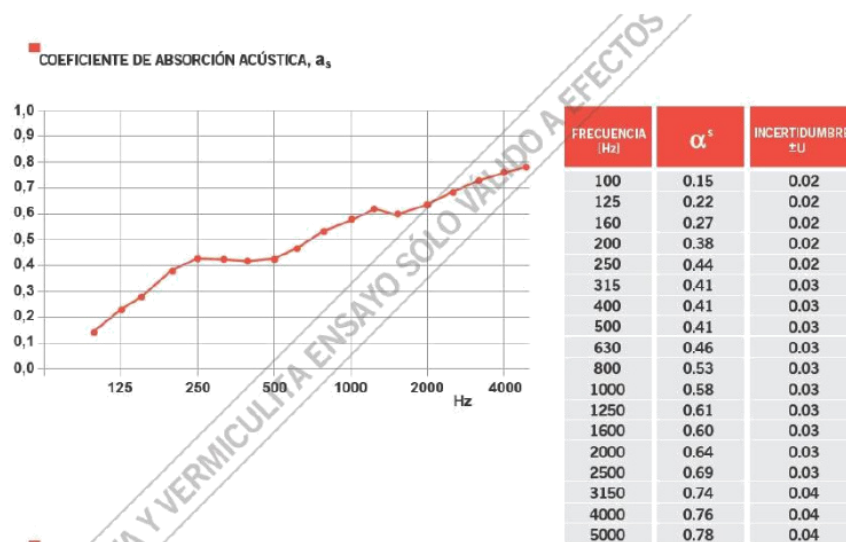
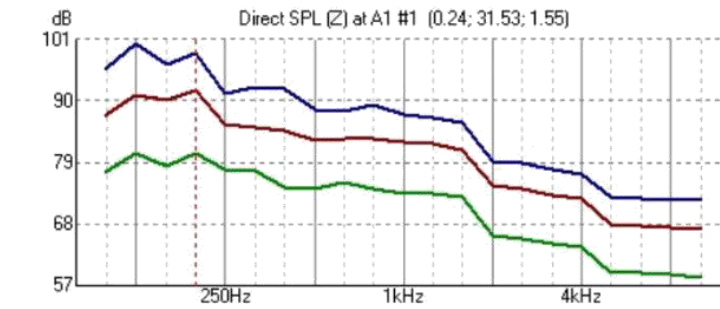


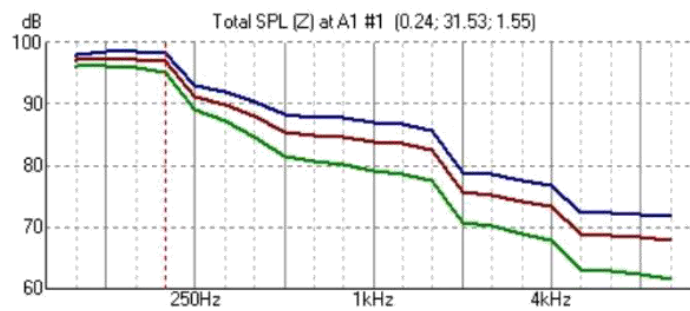
Figura 14 Características absorbentes del mortero

Con esta solución y volviendo a aplicar el programa de modelización se obtienen los siguientes resultados:





(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 27/08/2015 13:40:30 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. Ir



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 27/08/2015 13:40:14 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. Ir

Figura 15 Curvas de niveles de SPL directo y total tras la aplicación de la propuesta

Se puede ver como los niveles de SPL total disminuyen, teniendo ahora un nivel total de 103,93 dB, es decir, 4 dB menos que en el caso inicial. Si se realiza el cálculo con la ponderación A, el nivel total obtenido es de 94,45 dBA. Esta diferencia sigue siendo muy baja, no llega a ser suficiente como medida de aplicación.