



Entramado

ISSN: 1900-3803

comunicacion.ayc.1@gmail.com

Universidad Libre

Colombia

Casas-García, Oscar; Betancur-Vargas, Carlos Mauricio; Montaña-Erazo, Juan Sebastián

Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación

Entramado, vol. 11, núm. 1, enero-junio, 2015, pp. 264-286

Universidad Libre

Cali, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265440664019>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación\*

**Oscar Casas-García**

Magíster en Ingeniería con énfasis en Electrónica, Universidad del Valle, Cali – Colombia. Docente Investigador Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura, Cali – Colombia.  
ocgarcia@usbcali.edu.co

**Carlos Mauricio Betancur-Vargas**

Magíster en Administración de Negocios, Universidad ICESI, Cali – Colombia. Docente Investigador Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura Cali, Cali - Colombia.  
cmbvarga@usbcali.edu.co

**Juan Sebastián Montaña-Erazo**

Ingeniero Electrónico, Universidad de San Buenaventura, Cali - Colombia  
sebastianmontano@live.com

## RESUMEN

En el presente artículo se revisa la normatividad jurídica y técnica sobre el ruido acústico para Colombia, y su aplicación tomando como casos de estudio cinco de las principales ciudades del país: Bogotá, Medellín, Cali, Cartagena y Barranquilla. Se revisan las Leyes, Decretos y Resoluciones que regulan el ruido acústico ambiental, al igual que las normas técnicas a tomar en cuenta cuando de ruido se trata, como son NTC, ANSI, ISO, entre otras que son de relevancia en Colombia. También, se realiza una revisión de la aplicación de estas regulaciones, a través del estudio de los resultados de investigaciones encontrados en la literatura y que han sido llevados a cabo en las principales ciudades del país.

## PALABRAS CLAVE

Acústica, ruido, ruido acústico, ruido ambiental.

## Review of the acoustic noise regulations in Colombia and its enforcement

## ABSTRACT

This article presents the legal and technical regulations for acoustic noise in Colombia, and its application through case studies in five of the major cities: Bogotá, Medellín, Cali, Cartagena and Barranquilla. The laws, decrees and resolutions governing the environmental acoustic noise in Colombia are presented, as well as the technical standards that are used for acoustic noise: NTC, ANSI, ISO, among others. A review of the implementation of these regulations is also done, through the study of research findings in the major cities.

## KEYWORDS

Acoustics, Acoustic noise, environmental noise, noise.

Recibido: 10/10/2014 Aceptado: 09/12/2014

\* Artículo producto del trabajo de investigación que tiene por título: "Caracterización exploratoria del diseño de sistemas de sonido en el contexto de espacios abiertos." Avalado por la Universidad de San Buenaventura-Cali.

<http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21106> Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

**Cómo citar este artículo:** CASAS-GARCÍA, Oscar; BETANCUR-VARGAS, Carlos Mauricio; MONTAÑO-ERAZO, Juan Sebastián. Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. *En*: Entramado. Enero - Junio, 2015 vol. 11, no. 1, p. 264-286, <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21106>



## Revisão de normas para o ruído acústico na Colômbia e sua aplicação

### R E S U M O

Neste artigo, os regulamentos legais e técnicos para o ruído acústico para a Colômbia é revista, e sua aplicação tomando como estudos de caso de cinco grandes cidades: Bogotá, Medellín, Cali, Cartagena e Barranquilla. Leis, decretos e resoluções que regem o ruído acústico ambiental, como as normas técnicas a ter em conta quando o ruído é, como NTC, ANSI, ISO, entre outros, que são de relevância na Colômbia são revistos. A revisão da aplicação destes regulamentos também é feito através do estudo dos resultados da investigação na literatura e foram realizados nas principais cidades.

### PALABRAS-CHAVE

Acústica, ruído, o ruído acústico, o ruído ambiental.

### Introducción

Una de las razones por las cuales el ruido acústico afecta notablemente nuestro diario vivir parte definitivamente de la desinformación sobre este tema y de sus repercusiones a corto, mediano y largo plazo. A pesar de que podemos encontrar gran cantidad de información referente al tema, también hallamos discrepancias y confusiones cuando es de realizar una comparación o contraste entre términos o ideas que tratan la problemática del ruido sin mencionar las causas por las cuales se produce.

Según De la Rosa, (2000), en la naturaleza es inherente el fenómeno del ruido acústico como una respuesta al contacto o roce entre superficies, tal como se produce cualquier otro sonido, pero las cualidades del ruido varían en cuanto este se presente en una fuente emisora, un sujeto receptor o de por sí en el medio y también desde el enfoque en que se mire al ruido.

En Colombia, se han realizado diversos procesos y tratamientos para controlar el ruido, algunos de manera empírica, otros con ciertas bases de conocimiento en acústica; sin embargo, este campo en nuestro país es relativamente nuevo y falta por explorar tendencias en cuanto a procedimientos desarrollados en países por muchos años, donde este tema es de especial atención y donde se hacen estudios minuciosos en este campo. En España y Chile existen reglas ambientales que penalizan con gran rigurosidad a quien no acate estas normas; delimitaciones en el volumen del sonido en ciertas áreas del casco urbano son exigidas desde hace un buen tiempo. Nuestro país es joven en cuanto a la penalización del incumplimiento a la normatividad ambiental con respecto al ruido; sin embargo esto no quiere decir que anteriormente no hayan existido normas ni leyes que incurran y aborden este asunto, pero el conocimiento de esta problemática por parte de la ciudadanía, además de métodos por los cuales se haya dado a conocer lo importante de este problema si se han venido realizando hace poco. En eventos sociales se suele poner música a un volu-

men que puede ser perjudicial sin que nadie lo reconozca o haya conciencia del daño que se están causando, lo cual también puede considerarse como un problema socio-cultural, el cual debe ser abordado con educación y la instrucción correcta.

Esta problemática es muy amplia en muchos aspectos, por esta razón el problema se limita a ser tratado desde tres enfoques relevantes de la acústica: la acústica arquitectónica, la acústica ocupacional y la acústica ambiental. Teniendo en cuenta que las tres se complementan y que son ramas con gran importancia en nuestro entorno dentro de campo tan amplio como lo es la acústica, así como es descrito por Beranek (1986).

El proceso de eliminación del ruido en su totalidad para los tres enfoques mencionados demanda un alto nivel de complejidad, y por ello frecuentemente se opta por la aplicación de tratamientos orientados a su reducción, buscando lograr un grado de tolerancia al mismo y, por consiguiente, una disminución en el impacto directo en cada persona. Cuanto mayor sea la cantidad de ruido presente, mayor contaminación se genera afectando a más individuos, pues éste es de carácter aditivo y aleatorio; además de ser considerado como un elemento presente en el diario vivir de las personas y una problemática que cada día demanda más atención.

El presente artículo consigue una revisión de la normatividad para Colombia, en lo concerniente al ruido al igual que unos casos de estudio de las principales ciudades del país: Bogotá, Medellín, Cali, Cartagena y Barranquilla, que tomaron como objeto de investigación el ruido y sus efectos.

### 1. Normativa

La normativa rige los asuntos esenciales que permiten determinar los valores mínimos de control y seguridad en cuanto a emisión de ruido se refiere. La normatividad nace a partir de las necesidades de caracterizar la problemática en un asunto serio y de orden público, puesto que la emi-

sión de ruido afecta a todos por igual, así como lo hace la emisión de gases tóxicos o los desechos peligrosos. La emisión de ruido también es una forma de contaminación que ha tenido poco impacto en la sociedad colombiana si se compara con otro tipo de problemáticas de tipo ambiental. A pesar que se identifican y entienden las prácticas que generan ruido, éstas son pobremente tratadas, de manera incorrecta o insuficiente. Paralelamente, los procesos industriales que también están ligados a la emisión de ruido trabajan controlando pasivamente, en primera instancia, los procesos correspondientes. El control de ruido robusto (control activo) no suele ser una opción rentable, así éste resulte ser más eficaz, debido a sus altos costos comparado con algún tipo de control pasivo.

Cabe resaltar que la sociedad colombiana encuentra arraigada en sus costumbres la emisión sonora en niveles de presión que pueden exceder lo recomendable. No es un caso aislado, la emisión de ruido es una problemática mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), para el año 2004 a nivel global, y como consecuencia del ruido, por cada 100.000 personas, el DALYI fue de 70 (OMS, 2004). Este valor es atribuible al ruido ocupacional, es decir, la afección adquirida por ruido laboral. En la Tabla 1 se puede apreciar las cifras de ruido ocupacional según la OMS.

La percepción sonora se hace evidente en cada cultura y es también un factor que proviene del legado de tradiciones y las raíces culturales, así como de la cosmovisión y la educación. Sin embargo, hay legislaciones y normas nacionales, como acuerdos internacionales, que permiten regular el ruido sonoro y su impacto a la salud y al medio ambiente.

## 1.1. Legislación colombiana

En el marco legislativo de Colombia, las leyes correspondientes a la problemática del ruido van ligadas a una serie de normativas dedicadas a la temática de acústica como son las Normas Técnicas Colombianas (NTC), que se enfocan en definir e instaurar las medidas y procedimientos realizables en Colombia y relacionadas con el tema. Igualmente Colombia tiene instaurados unos decretos que describen las problemáticas ambientales más pertinentes.

La primera institución encargada de los aspectos ambientales en Colombia tenía por nombre Inderena, que era la Institución Nacional de Recursos Naturales creada en 1968. Con la expedición del Código Nacional de los Recursos Naturales en 1974 se empieza a generar conciencia y acción de protección ambiental previniendo y controlando la contaminación (Colombia, 1974). En el Decreto Ley 2811 (Colombia, 1974), junto con la Ley 09 del año 1979 (Colombia, 1979), se generalizan las problemáticas ambientales, y en el año 1983 se estipula la Resolución 8321 (Colombia 1983) mediante la cual se dictan las medidas de protección y conservación auditiva en las personas a causa de la emisión de ruido.

A partir de la Resolución 8321, en Colombia se empezó a percibir la problemática del ruido desde el punto de vista normativo y esta resolución estuvo a cargo de ser emitida por el Ministerio de Salud. La necesidad de generar acciones de cambio ambiental en el mundo en la década de los ochenta y comienzos de los noventa conllevaron a la Declaración de Río en 1992 (Conferencia de las Naciones Unidas

Tabla 1.

DALY atribuibles a ruido ocupacional.

Región	DALY atribuibles a ruido ocupacional (en miles).	DALY 100.000 per cápita atribuibles a ruido ocupacional.
	2004	2004
Países de ingresos bajos y medios pertenecientes a la región africana	381	52
Países de ingresos bajos y medios pertenecientes a la región de las américas	191	35
Países de ingresos bajos y medios pertenecientes a la región mediterránea este	324	65
Países de ingresos bajos y medios pertenecientes a la región europea	376	85
Países de ingresos bajos y medios pertenecientes a la región sureste asiática	1574	95
Países de ingresos bajos y medios pertenecientes a la región oeste pacífica	1270	83
Países de altos ingresos (Ingreso OMS)	392	39
Global (Ingreso OMS)	4509	70

Fuente: Organización Mundial de la Salud - OMS (2004)

sobre el medio ambiente y el desarrollo, 1992), con el fin de alcanzar acuerdos internacionales entre países para la sostenibilidad ambiental y el desarrollo sostenible. En 1993, bajo la Ley General Ambiental de Colombia conocida como la Ley 99 (Colombia, 1993) es formalizada la institución gubernamental que se encarga de los aspectos ambientales y territoriales del país: el Ministerio del Medio Ambiente. Posteriormente éste sería llamado Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y actualmente conocido como Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Para el año 1995, el Ministerio de Medio Ambiente, promulgó el Decreto 948 (Colombia, 1995), con el cual se reglamentaron parcialmente las leyes correspondientes a la prevención y control de la contaminación ambiental y la protección de la calidad del aire. Entre los artículos 42 y 64 de este decreto se dictaminan las condiciones de la ge-

neración y emisión de ruido en determinados sectores y sujeto a leyes estipuladas en cada ciudad con respecto a la problemática del ruido. Este decreto también dictamina las sanciones legales impuestas para las violaciones de la Resolución 8321. Algunas multas van desde los 15 y 30 salarios mínimos hasta los 200 y 300 salarios mínimos vigentes en Colombia (Colombia, 1995).

### 1.1.1. Emisión de ruido y ruido ambiental

Por medio del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se promulgó la Resolución 0627 del 2006 (Colombia, 2006), la cual estipula la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. La Tabla 2 resume los estándares máximos permitidos para la emisión de ruido y niveles de ruido en decibelios ponderados dB(A).

Tabla 2.

Estándares máximos permisibles de niveles de ruido.

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)		Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche	Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.				
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.				
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55	65	50
	Zonas con usos institucionales.				
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	50	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.				
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.				

Fuente: Colombia (2006).

Los niveles sonoros que se estipulan en la Resolución 8321 se muestran en la Tabla 3, teniendo en cuenta el tipo de espacio y el horario el nivel de presión sonora presentado en decibelios ponderados debe ser respetado. El periodo diurno según la resolución comienza a partir de las 7:01 am y concluye a las 9 pm. El periodo nocturno comienza a las 9:01 pm y concluye a las 7:00 am. También se establecen los niveles de emisión de ruido permitidos para los vehículos acorde con su peso, como se puede apreciar en la Tabla 4.

Tabla 3.  
Niveles sonoros máximos permisibles en Colombia.

Zonas respectivas	Nivel de presión sonora dB(A)	
	Periodo diurno	Periodo nocturno
Zona residencial	65	45
Zona comercial	70	60
Zona industrial	75	75
Zona de tranquilidad	45	45

Fuente: Colombia (1983).

Tabla 4.  
Nivel de presión sonora permitida para los vehículos en Colombia.

Tipo de vehículo	Nivel sonoro en dB(A)
Menor a 2 toneladas	83
De 2 a 5 toneladas	85
Mayor a 5 toneladas	92
Motos	86

Fuente: Colombia (1983).

### 1.1.2. Salud ocupacional

Igualmente, en la parte de salud ocupacional, se hace énfasis en los niveles de presión sonora que un operador puede tolerar en relación con la cantidad de horas de exposición de este al ruido. La Tabla 5 presenta la relación entre el horario de exposición y el nivel de presión sonora que es permisible para un operario en Colombia. Cabe resaltar que esta cantidad de ruido es permisible teniendo en cuenta los respectivos elementos de protección. Los valores presentados representan el valor límite que se permite tanto para ruidos continuos como para ruidos intermitentes. El artículo 42 de la Resolución 8321 estipula que por ningún motivo una persona puede estar expuesta a ruidos por encima de los 115dB(A) ni por un tiempo mínimo.

La legislación colombiana contempla los descriptores de ruido a partir de la sumatoria de los valores en nivel de presión sonora con respecto al tiempo que el operador estuvo expuesto al ruido. Es decir, que cuando se presenta más de un periodo de exposición se considerará el efecto

en combinación y no como eventos aislados. La fórmula aplicable según el artículo 43 es la de la Ecuación 1.

$$E_r = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (\text{Ec. 1})$$

En la Ecuación 1  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  y  $C_n$  son niveles de presión sonora;  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_n$  son los tiempos en los que se permaneció expuesto a la cantidad de presión sonora correspondiente;  $E_r$  es el valor de exposición al ruido. Los valores menores a 90dB(A) son despreciados y se hace uso de la Tabla 5 para los tiempos y valores específicos de nivel de presión sonora (Colombia, 1983). Lo anterior se halla descrito con más detalle en la Resolución 8321, pero también se encuentran estipulados los niveles permisibles del ruido de impacto en Colombia, como se puede apreciar en la Tabla 6.

Existen también otras normativas estipuladas en Colombia que hacen énfasis en la problemática desde el punto de vista de la salud ocupacional, presentando las enfermedades clásicas que puede sufrir un operario, como el Decreto 1832 de 1994 (Colombia, 1994). En el artículo 1 de este decreto se describe la enfermedad de sordera profesional, afección adquirida por el operador expuesto a valores por encima de los 85dB(A) (Colombia, 1994).

Tabla 5.  
Valores permisibles para ruido continuo o intermitente en Colombia.

Horas de exposición	Nivel de presión sonora dB(A)
De 7 a 8 horas	90
De 4 horas con 30 minutos a 6 horas	92
De 3 horas con 30 minutos a 4 horas	95
3 horas	97
2 horas	100
1 hora con 30 minutos	102
1 hora	105
30 minutos	110
15 minutos o menos	115

Fuente: Colombia (1983).

Tabla 6.  
Niveles permitidos para el ruido de impacto en Colombia.

Nivel de presión sonora en decibelios	Número de impulsos/ impactos permitidos por día
140	10
130	1000
120	10000

Fuente: Colombia (1983).



## 1.2. Normas técnicas colombianas

En Colombia, las Normas Técnicas NTC, son certificadas por el organismo base ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación) bajo el Decreto 2269 de 1993 (Colombia, 1993). Estas normas dictaminan los procesos viables para mediciones y obtención de datos, con el fin de poder realizar estas mediciones de manera correcta. Algunas NTC como la 3437 (ICONTEC, 1992), 2272 (ICONTEC, 1998), 4945 (ICONTEC, 2001) y 5040 (ICONTEC, 2002), son instructivos para ciertos procesos específicos: la 3437 indica las pautas para la preparación de códigos de ensayo de ingeniería que requieren mediciones de ruido emitido por maquinaria y equipo, la 2272 en este caso presenta los métodos de medición de la protección real que efectúan los protectores auditivos en el oído; la 4945 habla sobre la forma de medición del aislamiento acústico en los edificios y diversos elementos de construcción, y la 5040 son directrices para controlar el ruido con silenciadores. Otras normativas como la 3321 (ICONTEC, 2003) determinan y/o estiman comportamientos de procesos acústicos y estima el deterioro de la audición por el ruido y determina cómo es la exposición al ruido.

Es esencial entender que las normas NTC están basadas en normas ISO, de las cuales algunas están enumeradas en la Tabla 7. Las normas aquí anunciadas son estándares de ruido, medición, calibración y referencia.

Tabla 7.  
Estándares ISO referentes a los métodos de medición y cálculo.

Título	Estándar ISO
Acoustics: Normal equal-loudness-level contours	226
Acoustics: Reference zero for the calibration of audiometric equipment	389
Acoustics: Method for calculating loudness level	532
Acoustics: Audiometric test methods	8253

Fuente: Elaboración propia

### 1.2.1. Ecuaciones de cálculo de nivel de presión sonora según normas

La NTC 5626 (ICONTEC, 2008), a modo de ejemplo, reúne términos esenciales en el campo de la medición de nivel de ruido, como lo son las Ecuaciones 2, 3, 4, y 5. Así como en la NTC 4795 se puede apreciar información tanto de la obtención del nivel de presión sonora promedio como el de la Ecuación 2, como el nivel de potencia acústica de la Ecuación 7.

### Nivel de presión sonora promedio

$$\bar{L} = 10 \log \left( \frac{\sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_i}}{n} \right) dB \quad (\text{Ec. 2})$$

De la ecuación 2, se obtiene el nivel de presión sonora promedio. Donde es el nivel de presión sonora en las diferentes posiciones del micrófono.

### Nivel de presión sonora ponderado en A para frecuencias de 63Hz hasta 8KHz

$$L_A = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + A_i)} dB \quad (\text{Ec. 3})$$

### Nivel de presión sonora ponderado en C para frecuencias de 31,5Hz hasta 8KHz

$$L_C = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + C_i)} dB \quad (\text{Ec. 4})$$

Tanto para la Ecuación 3, como para la Ecuación 4, el valor de  $L_i$  es el nivel de presión sonora en la banda de octava respectiva: para la Ecuación 3 es la banda de octava  $i$  y  $A_i$ , para la Ecuación 4 es la banda de octava  $i$  y  $C_i$ , (ICONTEC, 2008).

### Nivel de exposición sonora

$$L_E = 10 \log \frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt dB \quad (\text{Ec. 5})$$

En donde:

- $P^2(t)$  es la presión acústica instantánea.
- $t_1$  y  $t_2$  son intervalos de tiempo con duración suficiente como para abarcar eventos sonoros considerables.
- $P_0$  es la presión acústica de referencia, igual a  $20 \mu\text{Pa}$ .
- $t_0$  es el tiempo de referencia, igual a 1 segundo.

### Nivel de potencia acústica promedio

$$\bar{L} = 10 \log \left( \frac{\sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_{wi}}}{n} \right) dB \quad (\text{Ec. 6})$$

### 1.2.2. Unidades de medición

En cuanto a las unidades y cantidades manejables, se puede observar en la Tabla 8 (ver pág. 270) la reunión de los valores en símbolos, significado y observaciones extraídas de la NTC ISO 31-7 enfocada en las cantidades y unidades correspondientes al campo de la acústica (ICONTEC, 1994).

**Tabla 8.**

Nombres y símbolos para cantidades y unidades acústicas.

Cantidad	Símbolo	Definición	Observaciones
Periodo / Tiempo periódico	$T$	Tiempo de un ciclo	
Frecuencia	$f, \nu$	$f = \frac{1}{T}$	
Intervalo de frecuencia		Dados dos tonos, el logaritmo binario en relación entre la frecuencia más alta y la más baja.	
Frecuencia angular, pulsación	$\omega$	$\omega = 2\pi f$	
Longitud de onda	$\lambda$	En una onda periódica, es la distancia entre dos puntos sucesivos donde a un tiempo dado la fase es igual.	
Segundo	$s$		
Hertzio / Hercio	Hz	1Hz = 1s <sup>-1</sup>	Hz es la frecuencia de un fenómeno periódico para el cual el periodo es de 1s.
Octava		Es un intervalo de frecuencia entre $f_1$ y $f_2$ y cumple la condición de $\frac{f_1}{f_2} = 2$	
Presión estática	$P_s$	Presión que puede existir en ausencia de ondas sonoras.	
Presión instantánea de sonido	$P$	Es la diferencia existente entre la presión instantánea total y la presión estática.	
Desplazamiento acústico instantáneo de una partícula	$\xi, (x)$	Desplazamiento instantáneo de una partícula en un medio desde el cual se puede conocer su posición en ausencia de ondas sonoras.	
Velocidad acústica instantánea de una partícula	$u, v$	$u = \frac{\delta \xi}{\delta t}$	
Aceleración acústica instantánea de una partícula	$a$	$a = \frac{\delta v}{\delta t}$	
Pascal	Pa		bar (bar), 1 bar = 100KPa
Velocidad del sonido (Fase)	$C, (Ca)$	$C = \frac{w}{k} = \lambda f$	
Densidad de energía acústica, energía acústica volumétrica	$w, (w_a), e$	Energía acústica media en un volumen dado, dividida por el volumen.	Si la densidad de energía varía con el tiempo, la media debe tomarse durante el intervalo en el cual el sonido se considera estadísticamente estacionario.
Potencia acústica	$P, Pa$	Potencia emitida, transferida o recibida como onda sonora.	
Intensidad de sonido	$I, J$	Para una fuente acústica unidireccional, la potencia acústica a través de una superficie normal a la dirección de propagación dividida por el área de la superficie.	
Impedancia acústica	$Z_a$	En una superficie la representación compleja de la presión acústica dividida por la representación compleja de la velocidad del flujo volumétrico.	
Nivel de presión acústica	$L_p$	$L_p = \text{Ln} \left( \frac{P}{P_0} \right) = \text{Ln} 10 \text{Log} \left( \frac{P}{P_0} \right)$	

Continúa en la página 271



Nivel de potencia acústica	$L_w$	$L_w = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{P}{P_0} \right) \frac{1}{2} = \ln 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right)$	
Pascal-segundo por metro cúbico	$\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$		
Pascal-segundo por metro	$\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}$		
Belio		<p>1B es el nivel de presión acústica, donde</p> $2 \log \left( \frac{P}{P_0} \right) = 1$ <p>También es el nivel de potencia acústica, donde</p> $\log \left( \frac{P}{P_0} \right) = 1$	<p>Generalmente para el nivel de presión acústica</p> $L_p = 20 \log \left( \frac{P}{P_0} \right) \text{dB}$ <p>Generalmente para el nivel de potencia acústica</p> $L_p = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right) \text{dB}$
Tiempo de reverberación	$T$	Tiempo requerido para que la densidad acústica promedio en un recinto cerrado disminuya a $10^{-6}$ de su valor inicial (por ejemplo 60dB) luego de suspender la fuente.	
Nivel de sonoridad	$L_N$	$L_n = \ln \left( \frac{P_{eff}}{P_0} \right)_{1\text{KHz}} = \ln 10 \log \left( \frac{P_{eff}}{P_0} \right)_{1\text{KHz}}$ <p>Donde <math>P_{eff}</math> es la raíz de la medida de los cuadrados del valor de la presión acústica de un tono puro de 1KHz.</p>	
Sonoridad	$N$	En un auditorio con observadores normales se estima como la relación entre el esfuerzo del sonido considerado y el sonido de referencia que tiene un nivel de sonoridad de 40 phons	

Fuente: Icontec (1994).

### 1.3. Normas en salud ocupacional

En cuanto a la salud ocupacional, en Colombia no hay una normativa local (Gobierno de Navarra, 2008) que disponga las condiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores relativas a la exposición al ruido. Para tal efecto, Colombia se ajusta a las normas internacionales como la ANSI Z24.22 de 1957, ANSI S3.19 de 1974, ANSI S12.6 de 1984 y ANSI S12.42 de 1995, que son las normas que regulan los estándares en cuanto al nivel y calidad de comportamiento de los protectores auditivos.

Como no hay NTC que regulen este tipo de protectores auditivos, se asumen los estándares internacionales, como los propuestos por: ANSI, OSHA (NIOSH, 1998; OSHA, s.f.) y CEN.

En la Figura 1 (ver pág. 272) se resumen las normativas referentes al ruido que son consideradas en Colombia, como leyes, decretos y resoluciones, además de las NTC. También se incluyen las normas internacionales pertinentes para el país, como son las ISO y ANSI.

## 2. Casos de estudio

Las propuestas a analizar que involucran la problemática del ruido y su control, se han delimitado a las principales ciudades del país (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena). Por medio de estos casos de estudio se pretende abordar y comprender el panorama de Colombia en materia de control de ruido y la problemática del ruido en general.

### 2.1. Bogotá

#### 2.1.1. Ruido e hipoacusia en cinco empresas dedicadas a la fabricación de artículos de hojalata en Bogotá (Rojas, Carmona, Fuquen & Bustos, 1993).

Este estudio realizado en la ciudad de Bogotá en 1985 por la Universidad El Bosque, indaga en la salud ocupacional y en la higiene industrial. Se efectuó a 460 trabajadores que laboraban en cinco empresas de manufactura metalmeccánica. En las cinco empresas hubo una serie de evaluaciones relacionadas con el ruido ambiente, y para cada operario se realizaron otoscopias basados en el historial ocupacional.

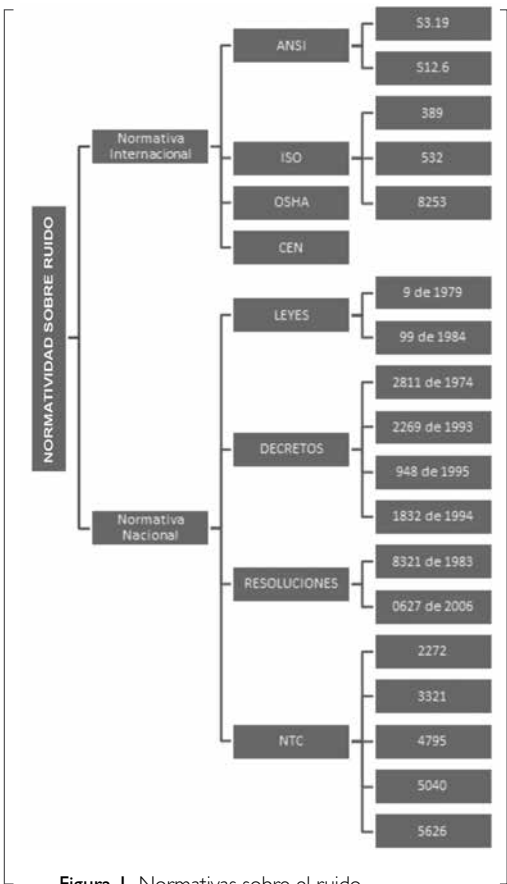


Figura 1. Normativas sobre el ruido  
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados arrojaron un 25.9% de presencia de hipoacusia neurosensorial causada por ruido. De este 25,9% el 78% eran hombres que habían trabajado más de 10 años en presencia de ruido.

Para este estudio se procedió en primera instancia a delimitar la población y muestra a trabajar, es decir, las cinco empresas y los 460 trabajadores. Por médio del decreto 614 de 1984 sobre ruido industrial (Colombia, 1984), se llevaron a cabo las evaluaciones ambientales correspondientes, haciendo uso de una encuesta de inspección a los usuarios.

Para el procedimiento de medición se realizó la previa calibración de un sonómetro marca Brüel & Kjær 2204 con un filtro de octavas 1613. Se efectuaron las correspondientes mediciones en los espacios laborales y bajo el horario de los operarios. Estas mediciones dependían del tipo de ruido que se estaba midiendo y también del lugar y del horario. Para estas mediciones se utilizó el filtro de ponderación y para las pruebas de impacto el selector se posicionaba en Hold imp (impulso sostenido). Cada medición se realizó a 30 cm de la fuente. Este estudio encontró que es frecuente la hipoacusia por el ruido en personas expuestas a niveles de presión sonora excesivos.

2.1.2. Caracterización de los niveles de contaminación auditiva en Bogotá: Estudio piloto (Pacheco, Franco & Behrentz, 2009)

Según este estudio realizado en la ciudad de Bogotá se ha denotado la problemática del ruido manifestada por la comunidad de ciertas localidades, concretamente Kennedy, Suba y Engativá.

La metodología empleada para la medición partió de la selección de las zonas en que se llevó a cabo esta campaña. Basados en la Resolución 627 de 2006 de la selección de los distintos sectores acorde a los niveles permisibles de ruido (Colombia, 2006), se delimitaron a trabajar en ocho microambientes en cuatro zonas de la ciudad de Bogotá. En la Tabla 9 se puede apreciar los microambientes seleccionados en este estudio.

Tabla 9.  
Información sobre los microambientes del estudio.

Sector	Subsector	Microambiente	Ubicación (Dirección)
A	Hospital	Escenario con menor contaminación	Carrera 111 x Calle 157
		Escenario con mayor contaminación	Calle 127 x Autopista norte
B	Residencial	Escenario con menor contaminación	Calle 100 x Avenida Suba
		Escenario con mayor contaminación	Calle 75 x Carrera 1
C	Comercial	Escenario con menor contaminación	Calle 109 entre Av. 15 y Av. 19
		Escenario con mayor contaminación	Carrera 10 x Calle 13
D	Parque	Escenario con menor contaminación	Avenida 68 x Calle 63 (Interior)
		Escenario con mayor contaminación	Avenida 68 x Calle 63 (Exterior)

Fuente: Pacheco, Franco y Behrentz (2009)

En la Tabla 10 (ver pág.273) se observa la relación entre los microambientes delimitados y el tráfico vehicular (aspecto de suma importancia y acumulador de ruido).

Para las mediciones en estos sectores se empleó un sonómetro de tipo I marca Areva-Metravib referencia Solo. En el momento de las mediciones se almacenaron los valores

Tabla 10.  
Tráfico de los microambientes.

Corredor vial	Ubicación	Carriles	Tráfico
Carrera séptima	Cra. 7 x Cll. 32	6	Buses y busetas
Avenida Carrera 30	Cra. 30 x Cll. 48	12	Troncal de Transmilenio
Avenida Circunvalar	Av. Circunvalar x Cll. 72	4	Vehículos particulares (Carros y motos)

Fuente: Pacheco, Franco y Behrentz (2009)

de presión sonora continuo equivalente, presión sonora en cada intervalo de tiempo, máximo y mínimo de presión sonora registrado y demás valores estadísticos. En la Tabla 11 se pueden apreciar los resultados obtenidos en las mediciones.

De los resultados se consideró que el sector A donde se supone debería haber menor nivel de presión sonora, el ruido es considerablemente alto y es de los sitios donde la norma no está bien aplicada. En general, el ruido en estos sectores efectivamente es preocupante.

En conclusión, acorde con el estudio, para el año 2009 Bogotá contaba con sectores con serios problemas de contaminación de ruido. La primera causa de este problema es el tráfico; sin embargo otros eventos como el uso de parlantes con fines de comercializar productos en la calle, construcciones y la actividad aeroportuaria son importantes causas determinantes de este problema.

Tabla 11.  
Resultados de las mediciones en los microambientes.

Sector	Subsector	Microambiente	Norma dB(A)	L <sub>A,eq,8h</sub> dB(A)	L <sub>max,8h</sub> dB(A)	L <sub>min,8h</sub> dB(A)	L <sub>pico</sub> dB(A)	L <sub>90</sub> dB(A)
A	Hospital	Escenario con menor contaminación	55	60	79	52	114	55
		Escenario con mayor contaminación		73	94	60	113	66
B	Residencial	Escenario con menor contaminación	65	60	88	46	105	50
		Escenario con mayor contaminación		69	81	56	107	61
C	Comercial	Escenario con menor contaminación	70	65	83	51	111	58
		Escenario con mayor contaminación		76	92	67	115	71
D	Parque	Escenario con menor contaminación	55	56	78	46	105	48
		Escenario con mayor contaminación		61	82	54	106	57

Fuente: Pacheco, Franco y Behrentz (2009)

Bogotá es la capital del país y cuenta con uno de los niveles de ruido más excesivos, siendo la zona más contaminada la de Kennedy que fluctúa entre los 75dB(A) y los 95dB(A) en siete puntos críticos de la zona. Similar a Kennedy son las zonas de Fontibón y Antonio Nariño. La zona de Chapinero ronda los 87dB(A) y Engativá entre los 65dB(A) y los 85 dB(A) (OAB, 2012). En las Figuras 2 y 3 (ver pági. 274) se observan los mapas de ruido de la ciudad de Bogotá en horario diurno y nocturno.

## 2.2. Medellín

### 2.2.1. Metodología para evaluación del ruido urbano en la ciudad de Medellín (Ortega y Cardona, 2005)

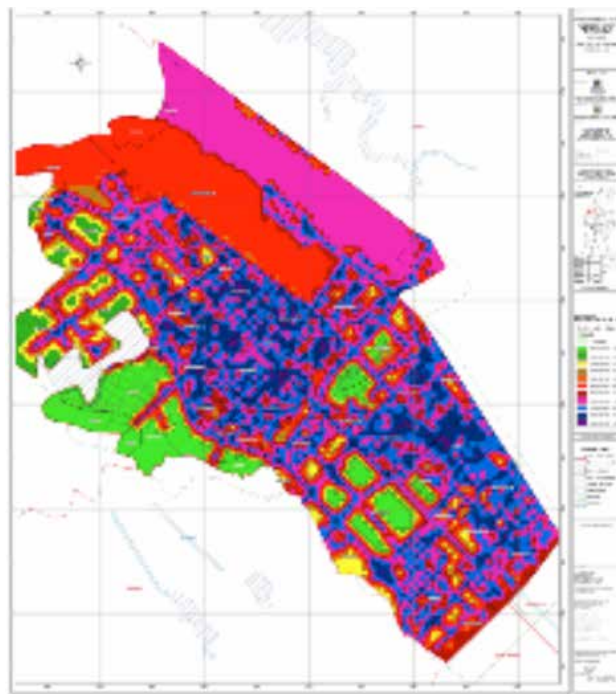
En este estudio realizado por la Universidad de Antioquia, se buscó determinar qué tanto se cumplía la legislación colombiana con respecto a los eventos de contaminación por ruido en la ciudad de Medellín, en lo que eventualmente determinaría el grado de exposición de los habitantes de la ciudad al ruido.

Por selección se escogieron dos zonas para mediciones: la comuna diez de Medellín, llamada La Candelaria, y las vías públicas del barrio Prado Centro; bajo esta selección se utilizó una malla reticular de dimensiones 200m por 200m. Concretamente las mediciones se realizaron en el centro de cada cuadrícula los días miércoles, viernes y domingo de 7am a 7pm.

La información recogida se procesó utilizando el programa estadístico SPSS 11 obteniendo datos sobre el grado en que



**Figura 2.** Mapas de ruido de la ciudad de Bogotá en horario diurno  
Fuente: (Amaya y Ángel, 2008)



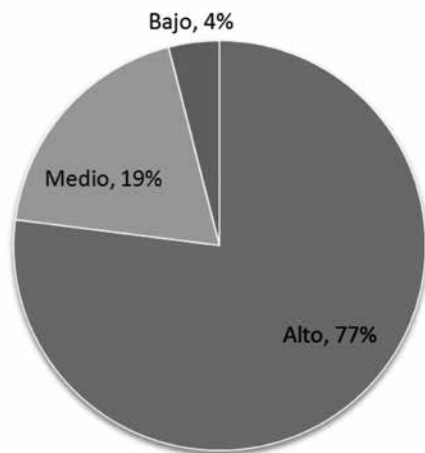
**Figura 3.** Mapas de ruido de la ciudad de Bogotá en horario nocturno.  
Fuente: (Amaya y Ángel, 2008)

el ruido genera molestia, las fuentes emisoras de ruido, y los días y horas más ruidosos.

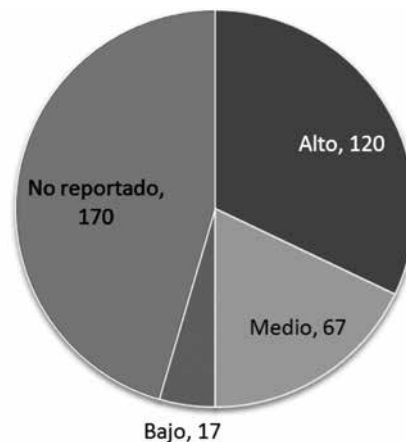
En el procedimiento de medición se empleó un dosímetro de referencia Quest Q-100. Además de esto también se utilizó un micrófono en dirección a las vías públicas elevado entre 3m y 4m, y a un metro de superficies reflejantes. Para fortalecer el estudio se realizaron también encuestas a personas residentes de las zonas en las que se cumplieron las mediciones. En las Figuras 4 y 5 se aprecia en gráficos los resultados de dichas encuestas en la comuna La Candelaria,

en la Figura 4 sobre el ruido vehicular y en la Figura 5 sobre el ruido por pregoneo, donde se valoró de 1 a 10 la molestia por ruido siendo; 1, 2 y 3 bajo; 4, 5 y 6 medio; y 7, 8, 9 y 10 alto.

Bajo esta encuesta de tipo aleatoria, se listan datos como: el tipo de lugar donde se efectuó la encuesta (establecimiento o vivienda), las fuentes de ruido frecuentemente reportadas (el tráfico vehicular y el pregoneo en ventas ambulantes). En la Figura 6 (ver pág.273) se describe gráficamente el resultado de esta encuesta.



**Figura 4.** Ruido vehicular; comuna La Candelaria, Medellín 2004.  
Fuente: Ortega y Cardona (2005).



**Figura 5.** Ruido por pregoneo; comuna La Candelaria, Medellín 2004.  
Fuente: (Ortega y Cardona, 2005).

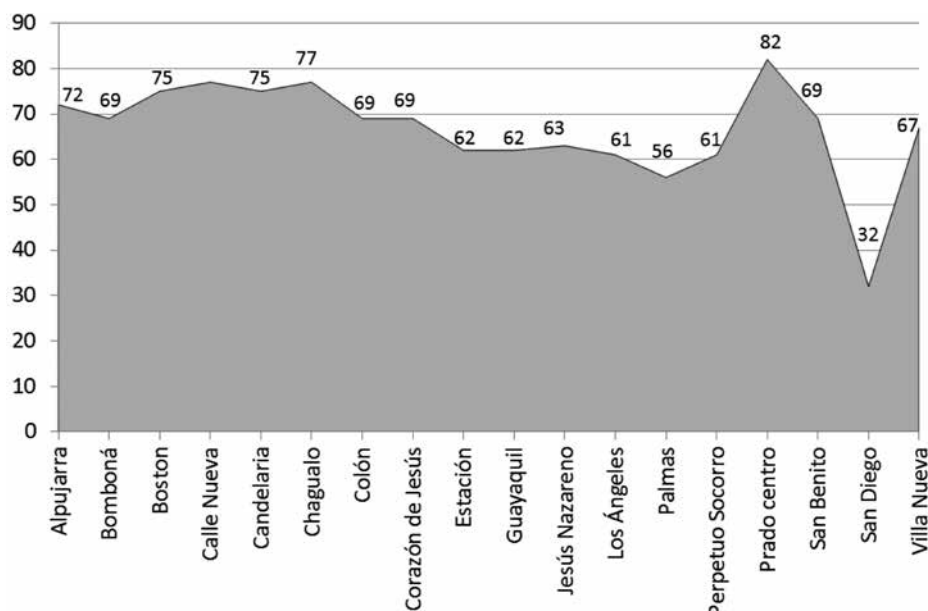


Figura 6. Porcentaje de grados molesto y muy molesto por barrio, comuna La Candelaria, Medellín, 2004.  
Fuente: (Ortega y Cardona, 2005).

Los resultados de las mediciones mostraron que en 15 de 16 puntos residenciales se sobrepasan los 65dB(A) que es un límite máximo permitido en zonas residenciales. En zonas de tranquilidad los límites máximos que deberían ser de 45dB(A) superan los 65dB(A) (Colombia, 1983). En la Figura 7 se presenta la comparación que se realizó en este estudio acerca de los niveles de presión sonora real y permisible.

Como conclusión de este estudio, se logró determinar la fiabilidad de las mediciones y su contraste con la legislación

colombiana, la cual establece los valores mínimos de nivel de presión sonora según el tipo de zona. Curiosamente, para este estudio se empleó un dosímetro en lugar de un sonómetro, el cual está pensado para medir la incidencia del nivel de presión sonora en una persona o espacio delimitado y no para mediciones en espacios abiertos o para el tipo de mediciones focalizadas como las de este estudio; sin embargo, es acertado el planteamiento teniendo en cuenta que la importancia es la cantidad de ruido que se acumula durante el tiempo de medición. (Ortega y Cardona, 2005)

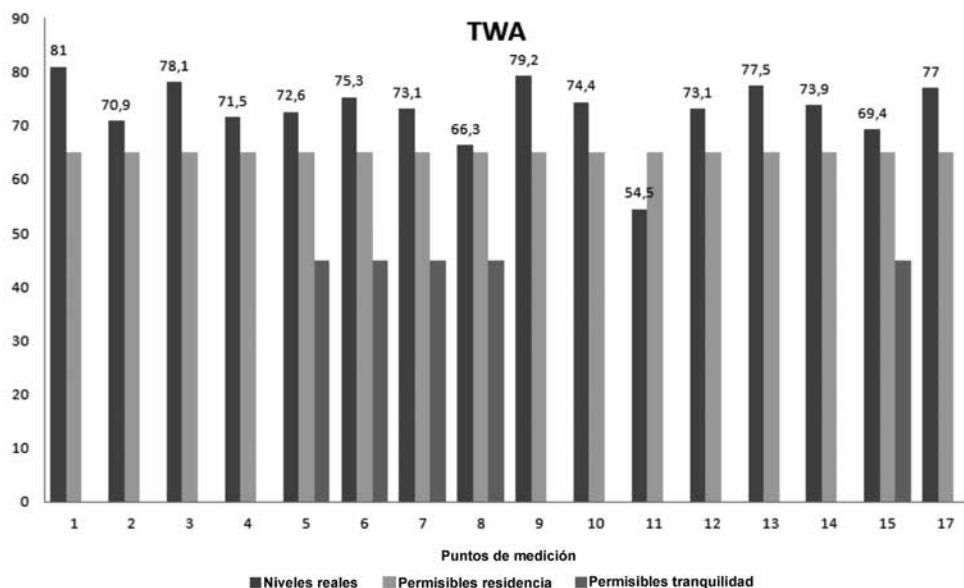


Figura 7. Comparación de los niveles de presión sonora reales (medidos) y los permitidos por norma.  
Fuente: Ortega y Cardona (2005)



### 2.2.2. Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano – caso Medellín (Yepes, Gómez, Sánchez & Jaramillo, 2009).

Este estudio toma como base fundamental la aplicación de la metodología Geoestadística para la predicción y valoración de la distribución del ruido en las zonas de estudio del proyecto, realizado en el año 2006, mediante Convenio 680 de 2005, entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, con la participación de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín (AMVA & Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 2005) y (AMVA, 2008)

En la Figura 8 se observa el mapa de mediciones que se trazó para crear los mapas de ruido de la ciudad de Medellín, los puntos en el mapa son los lugares donde se realizaron mediciones.



Figura 8. Distribución espacial de los puntos de medición de ruido para el área urbana del municipio de Medellín – Antioquia – Colombia. 2006

Fuente: Yepes et al. (2009).

En las Figuras 9 y 10 (ver pág. 277) se presentan los mapas de ruido obtenidos en Yepes et al, 2009 para el municipio de Medellín, tanto en horario diurno como nocturno, respectivamente. Y en la Tabla 12 (ver pág. 278) se presentan los resultados obtenidos para los diferentes niveles de ruido ambiental por zonas geográficas y usos del suelo en Medellín.

Como resultado se obtuvo que Medellín puede ser considerado un municipio altamente ruidoso, con niveles promedio de 72 dB(A) en el día y 68 dB(A) en la noche. Con respecto al cumplimiento de la norma, puede decirse que

casi todo Medellín excede los límites permisibles de ruido ambiental, a excepción de dos sectores: El sector centro oriental clasificado como Producción de Gran Empresa o Industrial, el cual excede la norma solo en las horas de la noche; y todo sector sur para el mismo uso del suelo, tanto para el día como para la noche.

En el día, los niveles de ruido predominantes oscilan entre 65dB(A) y 80dB(A) y en la noche entre 65dB(A) y 76dB(A); sin embargo, en el sector nororiente, se alcanzan niveles hasta de 80dB(A) durante la noche. Puede decirse, en términos generales, que los niveles de ruido en la noche tienden a ser menores. Durante esta jornada los niveles máximos de ruido se presentan principalmente en los sectores centro occidental y centro-oriente con niveles mayores a los 70dB(A).

## 2.3. Cali

### 2.3.1. Niveles de ruido en la Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal “CIRENA” del Hospital Universitario del Valle, Cali, Colombia (Fajardo, Gallego, y Argote, 2007)

En este estudio se realizaron mediciones de la unidad de cuidado intensivo neonatal del Hospital Universitario del Valle en Cali en el año 2005, con el fin de detectar el nivel de presión sonora que se percibía y estaba presente para los recién nacidos.

Para este estudio se recolectaron datos mediante un sonómetro digital marca Omega, de referencia 8928. Se realizaron mediciones en el área del servicio compuesta de cubículos divididos donde ingresan los recién nacidos, algunos cubículos estaban enfocados acorde al estado de salud del recién nacido. Se tuvo en cuenta el tiempo de medición (hora, día, mes, año), el nivel de ruido y las actividades por cubículos. En la Tabla 13 (ver pág. 278) se puede observar la media de los niveles de ruido reportados.

Como resultados visibles se consideró el día lunes como el más ruidoso y al jueves como el menos ruidoso, denotando también que la cantidad de infantes y las actividades realizadas por parte del personal también influyeron. Hubo 1.034 mediciones en los 7 días de muestreo, por cada cubículo se realizaron 104 mediciones.

Con las cifras obtenidas se demostró que el espacio era ruidoso, teniendo en cuenta que es una sala para cuidados intensivos en recién nacidos, como lo nombran en el estudio, la Academia Americana de Pediatría dicta que el nivel de presión sonora para una sala de cuidados intensivos debería estar entre los 45dB(A) de día y 35dB(A) en la noche. El



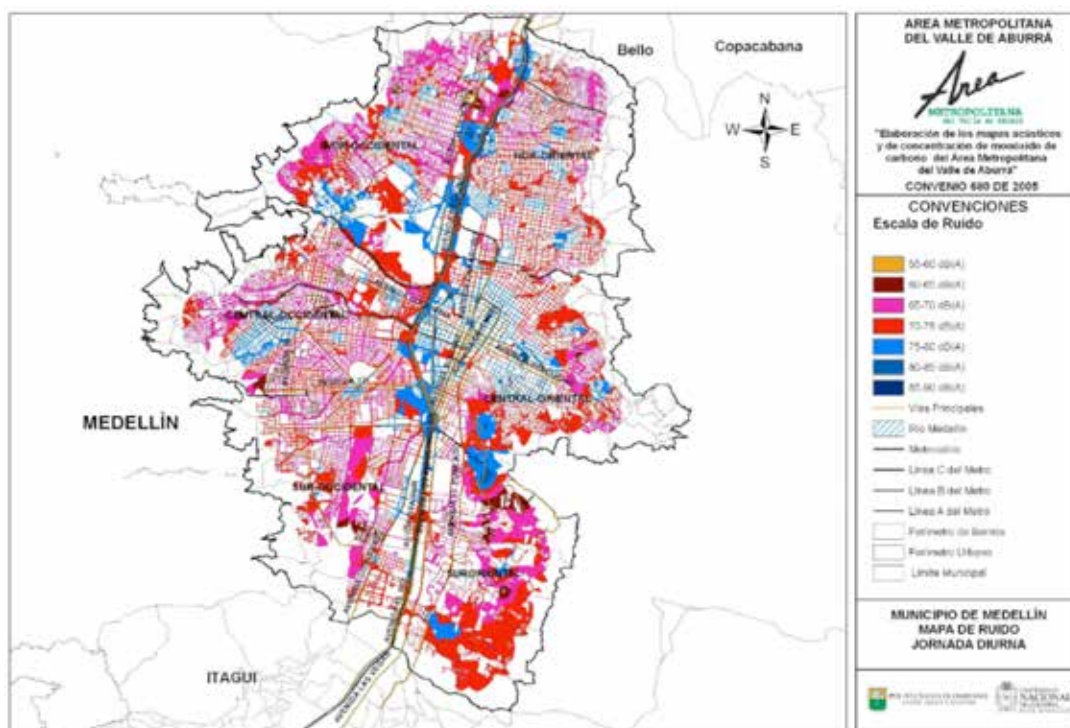


Figura 9. Mapa ruido día, municipio de Medellín – Antioquia – Colombia. 2006  
Fuente: Yepes et al. (2009).

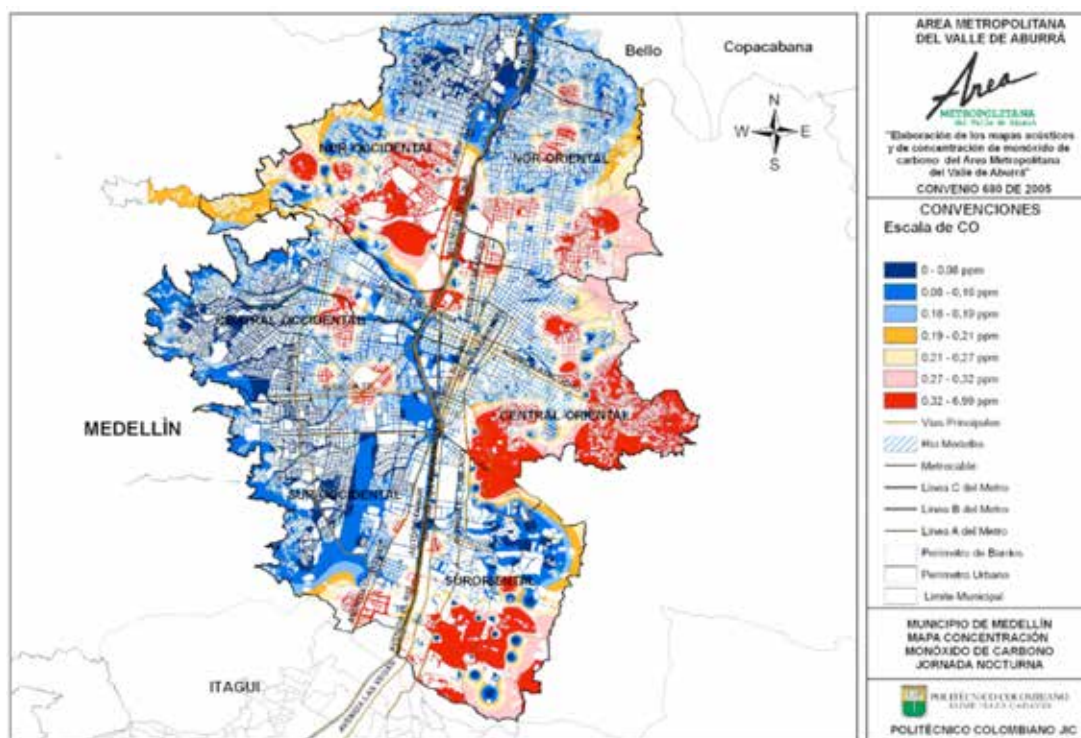


Figura 10. Mapa ruido noche, municipio de Medellín – Antioquia – Colombia. 2006  
Fuente: Yepes et al. (2009).

Tabla 12.

Niveles de ruido ambiental por zonas geográficas y usos del suelo en Medellín – Antioquia – Colombia. 2006

Zona Geográfica	Uso del suelo	Niveles de ruido - Día		Niveles de ruido - Noche	
		$L_{Eq}$ dB(A)	Comparación con la norma	$L_{Eq}$ dB(A)	Comparación con la norma
1 Nor-Oriental	Residencial	65-80	Excede	60-70	Excede
	Equipamientos generales (Institucional)	65-75	Excede	65-70	Excede
2 Nor-Occidental	Residencial	65-80	Excede	60-75	Excede
	Equipamientos generales (Institucional)	70-80	Excede	65-75	Excede
	Producción de Gran Empresa (Industria)	75-80	Excede	65-75	Excede
3 Centro-Oriental	Salud, Ciencia y Tecnología	70-80	Excede	70-75	Excede
	Residencial	65-80	Excede	65-80	Excede
	Equipamientos generales (Institucional)	70-80	Excede	65-75	Excede
	Producción de Gran Empresa (Industria)	55-80	Excede	65-70	No Excede
4 Centro-Occidental	Residencial	65-80	Excede	65-75	Excede
	Equipamientos generales (Institucional)	60-75	Excede	65-75	Excede
5 Sur-Oriental	Residencial	65-80	Excede	60-70	Excede
	Equipamientos generales (Institucional)	65-80	Excede	65-70	No Excede
	Producción de Gran Empresa (Industria)	65-75	No Excede	65-70	Excede
6 Sur-Occidental	Residencial	65-75	Excede	60-70	Excede
	Equipamientos generales (Institucional)	65-75	Excede	60-70	Excede
	Producción de Gran Empresa (Industria)	65-75	No Excede	60-70	No Excede

Fuente: Yepes *et al.* (2009).

Tabla 13.

Media de los niveles de ruido según día de la semana. CIRENA-H.U.V. 2005.

Día de la medición	Media dB(A)	# de infantes
Lunes	62,0196	163
Martes	60,3993	151
Miércoles	60,8179	117
Jueves	60,2008	118
Viernes	61,1434	152
Sábado	60,8000	170
Domingo	60,7730	163
Total	60,9136	1034

Fuente: Fajardo *et al.* (2007).

máximo valor registrado fue de 73.6dB(A) y el mínimo de 46.5dB(A) es decir que ni siquiera el valor mínimo está dentro de la tolerancia que dicta la AAP (American Academy of Pediatrics, 1997).

### 2.3.2. Mapa de ruido de las Comunas 2, 17 y 19 de la ciudad de Santiago de Cali (Gómez, 2011)

La ciudad de Cali es la tercera ciudad de Colombia con mayor población en una zona urbana. Al igual que Bogotá y Medellín, también se encuentra afectada por la problemática del ruido, siendo el tráfico el mayor causante de ruido urbano con niveles de presión sonora mayores en las horas pico de las ciudades (Departamento Administrativo de Control Físico, 1994). Pero también, la construcción de aeropuertos y terminales dentro del casco urbano y demás establecimientos como pueden ser discotecas y estadios agravan la situación. Dado es el caso del aeropuerto El Dorado de Bogotá, y los terminales de Bogotá, Medellín y Cali. Otras ciudades de Colombia que cuentan con estas estructuras también se ven afectadas gravemente denotando en esencia un problema en el POT.

Este estudio, realizado en el 2011 por el DAGMA, se centra en las comunas 2, 17 y 19 de la ciudad, consideradas por la entidad como las más ruidosas, destacando los sectores de Menga, Granada, la calle novena y la carrera 66, y que parte

de estos sectores son residenciales. En Figura 11 se muestra el mapa de la ciudad de Cali dividido en Comunas, y sobrepuesto, los mapas de ruido de las comunas 2, 17 y 19; y en la Figuras 12, 13 y 14 (ver pág.280) se presentan los mapas de ruido obtenidos de cada comuna respectivamente.

El estudio obtiene al final la media de nivel de ruido acústico por comuna, y en cada comuna por sector. Estos valores se presentan en la Tabla 14, (ver pág. 281) al igual que su comparación con la norma.

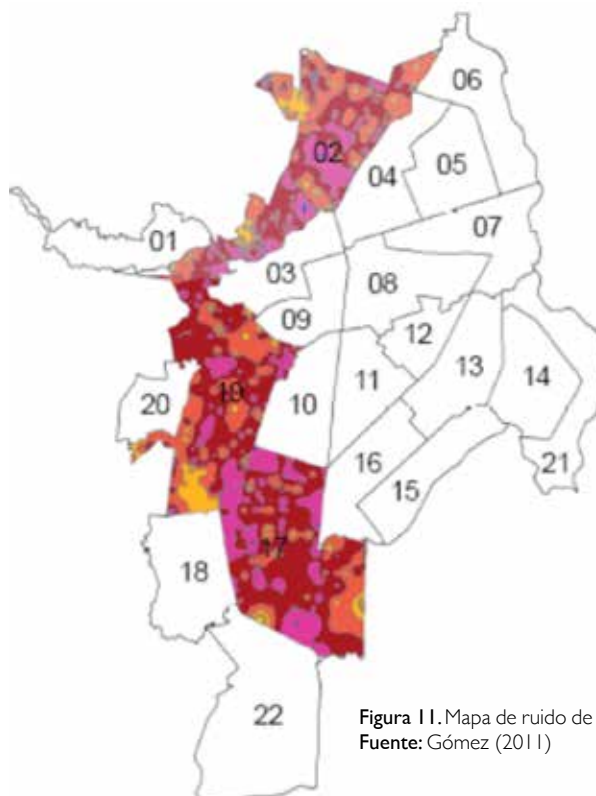


Figura 11. Mapa de ruido de la ciudad de Cali en las comunas 2, 17 y 19.  
Fuente: Gómez (2011)

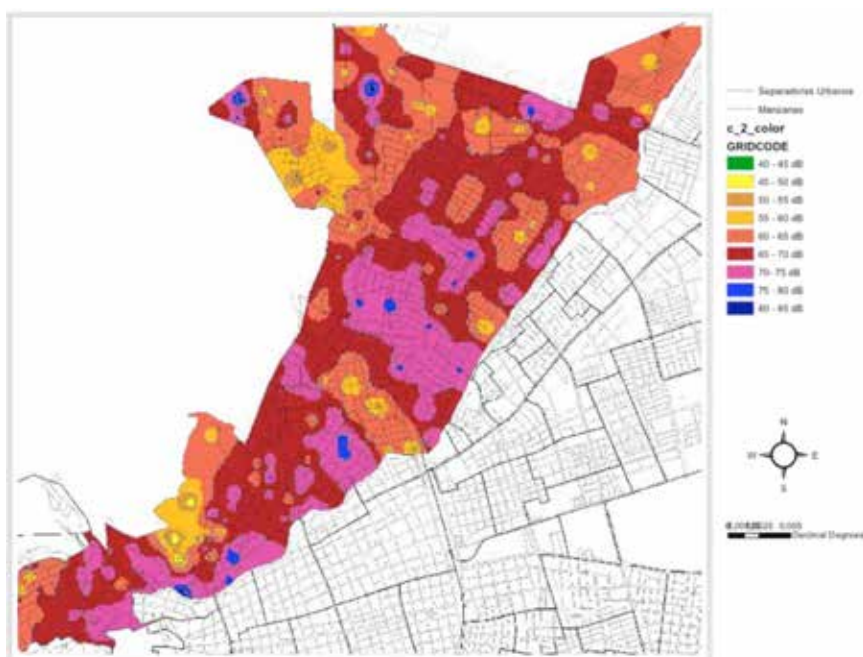


Figura 12. Mapa de ruido Comuna 2  
Fuente: Gómez (2011)



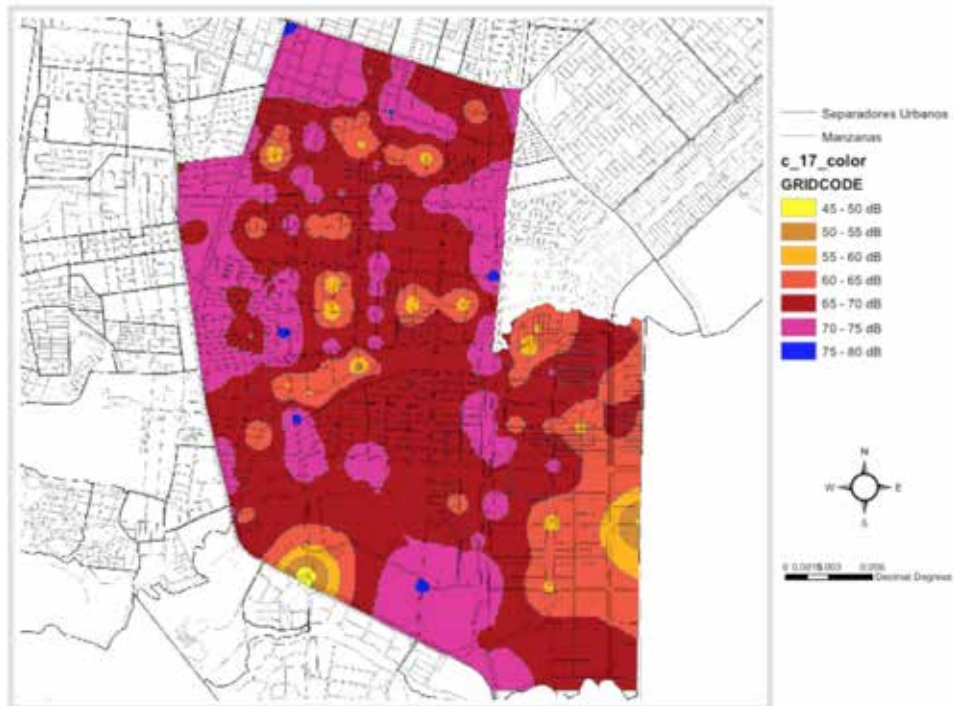


Figura 13. Mapa de ruido Comuna 17  
Fuente: Gómez (2011)

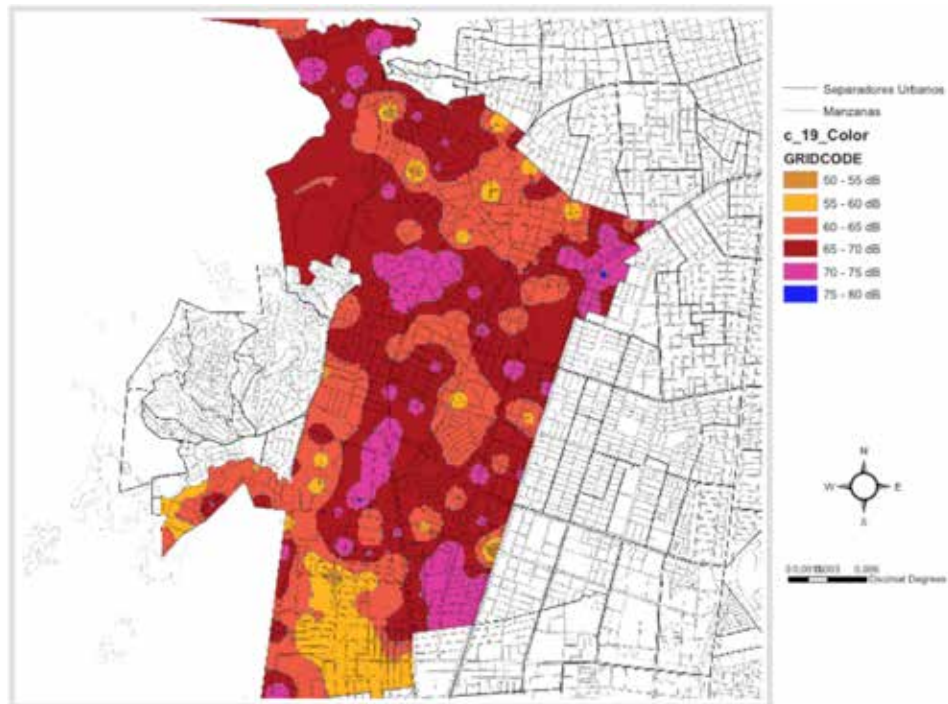


Figura 14. Mapa de ruido Comuna 19  
Fuente: Gómez (2011)

Tabla 14.  
Niveles de ruido ambiental en las comunas 2, 17 y 19 de Cali

Comuna	Sectores	Niveles de ruido	
		$L_{Eq}$ dB(A)	Comparación con la norma
2	B – Área de actividad residencial	60.56 a 74.72	Excede
	C – Área de actividad de centralidad	66.08 a 70.45	Excede
	C – Área de actividad mixto	70.67 a 76.72	Excede
17	B – Área de actividad residencial	61 a 73	Excede
19	B – Área de actividad residencial	63.85 a 77.58	Excede
	C – Área de actividad especial institucional	73.88	Excede
	C – Área de actividad de centralidad	70.96	Excede
	C – Área de actividad mixto	65.96	No Excede

Fuente: Gómez (2011)

## 2.4. Barranquilla

### 2.4.1. Detección de hipoacusia mediante potenciales evocados auditivos tronco-encefálicos y otoemisiones acústicas transitorias en niños (as) del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Barranquilla (Colombia) (Palacio et al., 2011)

Una de las importantes observaciones de este estudio es la detección de la consecuencia por el ruido conocida como hipoacusia, en niños que se supone no deberían sufrir esta afección. Sin embargo la hipoacusia infantil, tal como la describen, genera problemas en la utilización del lenguaje, en especial para los niños de las edades más tempranas quienes aún están en proceso de aprendizaje del habla y el lenguaje; esto eventualmente acarrea problemas en el desarrollo psi-

cológico, educativo, social e intelectual (Méndez et al, 2003). Con el fin de desarrollar este trabajo, se aplicó un estudio descriptivo en una muestra de 300 niños del ICBF. Para determinar con mayor criterio la hipoacusia en los niños se empleó el método de detección de otoemisiones acústicas (OEA) con equipos portátiles automatizados Echocheck y Otodynamics Ltda. Por convención se toma que la prueba culmina después de que la diferencia señal-ruido es mayor a los 6dB(A), entre 3dB(A) y 6dB(A) es un resultado poco confiable.

Con los resultados de los 300 niños examinados, se obtuvieron ciertos datos de importancia para determinar el ambiente en el que los infantes se han desarrollado. La Tabla 15 muestra los factores ambientales y médicos a modo de trasfondo.

Tabla 15.  
Prevalencia de factores predictores médicos y ambientales

Factores ambientales		Factores médicos	
Exposición al ruido	23%	Infección intrauterina	6,70%
Cercanía con vías transitadas	48%	Medición oto-tóxica	1%
Cercanía con basurero	12,30%	Amenaza de aborto	12,30%
Música con auriculares	5,70%	RPM	5,30%
Ruidos industriales	17,30%	Hipoxia	0,70%
Maltrato o halado de los cabellos	1,70%	Parto extrainstitucional	0%
Maltrato verbal	0,30%	Parto prolongado	0,30%
Maltrato físico reportado por el acudiente o padres	0%	UCIN	2,70%
Comunicación no verbal	1,30%	Ictericia neonatal	1%
Hacinamiento (Más de 5 personas por habitación)	37,30%	Nacimiento pretérmino	16%
Exposición al humo	35%		
Servicios públicos precarios	6,70%		

Fuente: Palacio et al. (2011)

Tempranamente en este estudio se detectaron manifestaciones clínicas de enfermedades auditivas variadas, las más frecuentes fueron la otalgia y la incoherencia de lenguaje verbal. La Tabla 16 hace énfasis en estos resultados.

Tabla 16.

Manifestaciones clínicas de hipoacusia en la infancia.

Dificultad para escuchar sonidos	4 (1,3%)
Desobediencia a los acudientes al llamarlos	10 (3,3%)
Incoherencia del lenguaje verbal	6 (2%)
Otalgia	56 (18,7%)
Disminución del entendimiento del lenguaje	10 (3,3%)
Dificultad para localizar fuentes acústicas	7 (2,3%)
Sensación de oídos tapados	12 (4%)
Otros síntomas	1 (0,3%)

Fuente: Palacio *et al.* (2011)

Después de algunos exámenes acuciosos se determinó la patología presente en un grupo específico de niños y niñas. En cuatro casos se detectó hipertrofia amigdalina, disfunción de la trompa de Eustaquio, en dos niños otitis media serosa y rino-sinusitis aguda. Un niño fue diagnosticado de otitis media adhesiva con perforación timpánica.

Las conclusiones de este estudio resaltan los posibles problemas que un recién nacido puede tener después del periodo neonatal por infecciones óticas comunes en los primeros años de vida y que a veces no se tratan con el debido cuidado. Generalmente en Colombia se realizan procedimientos para detectar la hipoacusia infantil a niños que están riesgo de tener algún tipo de alteración que pueda ser tratable (Palacio *et al.*, 2011).

## 2.5. Cartagena

### 2.5.1. La contaminación acústica y percepción poblacional al sistema de transporte masivo de Cartagena, Colombia (Del Río, Pérez, Castro & Manjarrez, 2009)

Este estudio abordó la forma en que los habitantes de Cartagena vieron la llegada del Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) denominado Transcaribe, con respecto a los niveles de presión sonora que se presentaron en la construcción del segundo tramo del proyecto vial.

Este proyecto tuvo dos partes, la primera comprendía el estudio de los habitantes con respecto al proyecto vial y el segundo el respectivo problema de los niveles de presión sonora antes y después de la construcción del segundo tramo del SITM.

Para este estudio se entrevistaron 400 personas y los resultados se analizaron haciendo uso de métodos estadísticos descriptivos, estadísticos de asimetría y las pruebas t, ANOVA y chi-cuadrado. Entre mayo y junio de 2007 y abril de 2008, se realizaron las mediciones correspondientes en sitios estratégicos de la construcción haciendo uso de un sonómetro marca Cel modelo 573, en la modalidad de medición ambiental por bandas de octavas, con episodios de medición de mínimo 15 minutos cada hora. El sonómetro estaba posicionado con un trípode a 1.5m de altura para medición ambiental.

La Figura 15 detalla las zonas en las que se realizaron las mediciones:

1. Bomba del Amparo
2. Centro Comercial La Castellana
3. Centro Comercial Los Ejecutivos
4. SENA (Sector Cuatro Vientos)



Figura 15. Zonas de muestreo.  
Fuente: Del Río *et al.* (2009)

Como resultado se obtuvieron valores entre los 70dB(A) y casi 90dB(A) de nivel de presión sonora en los distintos puntos de medición, como se puede apreciar en la Figura 16 (ver pág. 283).



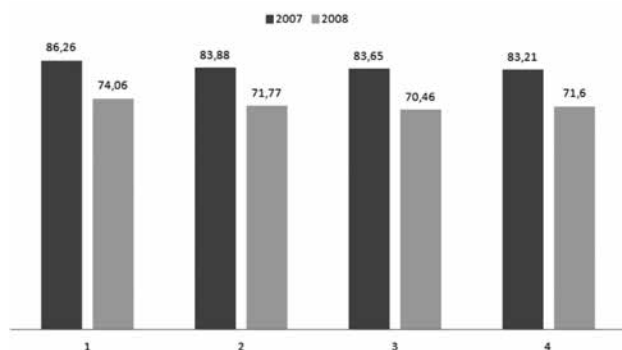


Figura 16. Niveles de ruido en diferentes puntos de muestreo.

Fuente: Del Río et al. (2009)

Sin embargo, según las mediciones obtenidas se puede observar que la etapa de construcción primaria en el año 2007 fue más ruidosa que la etapa final en el año 2008 según la Tabla 17.

Tabla 17.

Niveles de mayor presión sonora reportadas en las mediciones de los años 2007 y 2008.

Zona de muestreo	2007	Hora	2008	Hora
Bomba de Amparo	86,10 dB(A)	01:00 p.m.	77,2 dB(A)	02:30 p.m.
La Castellana	84,23 dB(A)	12:00 p.m.	76,4 dB(A)	10:34 a.m.
Los Ejecutivos	83,90 dB(A)	10:00 a.m.	73,7 dB(A)	10:40 a.m.
Sena Cuatro Vientos	86,12 dB(A)	01:00 p.m.	74,9 dB(A)	11:50 a.m.

Fuente: Del Río et al. (2009)

Como conclusiones obtenidas mediante este estudio se rescatan las perspectivas de los transeúntes en cuanto a la potencial mejoría en la movilidad y tiempo de transporte. Con las mediciones realizadas en torno al ruido de la construcción que rondaba los 80 dB(A), se determinó que este nivel de presión sonora era eventualmente causado en su mayoría por la construcción, aunque el ruido vehicular también generaba un aumento en estos niveles de ruido; también era determinante la hora de medición puesto que cada momento del día acarrea eventos sonoros específicos igualmente en la construcción que se realizaba en las horas del día entre mañana y medio día (del Río et al, 2009).

### 3. Discusión

Si bien se puede decir que el ruido está caracterizado como un problema contaminante, las personas generalmente no se percatan de sus alcances por ser una especie de problemática invisible ante el ojo público. Sin embargo, el ruido afecta progresiva y sigilosamente, y muchas veces se desa-

tiende el llamado a la acción de cambio. Es muy difícil pretender hablar de este problema en términos técnicos con la población que no está familiarizada, aunque esto no excluye que no se puedan realizar campañas de sensibilización a la ciudadanía para informar sobre el ruido y cómo evitarlo y poder realizar un control pasivo preventivo.

#### 3.1. Espacios urbanos ruidosos

La problemática en general en materia de ruido urbano es la localización estratégica de ciertos espacios. El POT, que contempla la distribución de establecimientos y lugares específicos destinados, ya sea al comercio o a residencia, delimita los sectores por áreas. Lamentablemente, a partir del crecimiento demográfico y las necesidades fluctuantes de las personas en las urbes las áreas delimitadas para cierto tipo de actividad han ido siendo invadidas con otros motivos. Es entonces común ver actualmente una zona residencial cerca de un bar/restaurante o discoteca. Zonas residenciales compartiendo espacios con colegios y escuelas, y zonas industriales y espacios de transporte cercanos a residencias. Estos espacios son conocidos como zonas mixtas, las cuales no necesariamente entran en el POT. Este es uno de los fallos más grandes en el diseño urbano moderno debido a que se han distorsionado las zonas correspondientes a ciertos aspectos que una ciudad debe contemplar por principio.

Las zonas mixtas conllevan a la generación de problemas debido a la cantidad de ruido que se generan y afectan a los residentes de las que en algún tiempo eran zonas residenciales. Se ha sido muy blando en este aspecto debido a que en muchas ocasiones los establecimientos que vienen a invadir los sectores residenciales no contemplan tampoco los aspectos de adecuación para evitar el impacto de ruido tanto interno como externo. De hecho, muchos establecimientos aún conservan la estructura de la casa en la que se estableció el sitio comercial o de comida/bebida. Consecuencia de esto es la proliferación de ruido que aumenta más cuando se empiezan a establecer nuevos negocios y en definitiva se termina modificando la zona residencial. Esto es muy usual debido a varios aspectos:

1. Los residentes o personas aledañas encuentran cómodo llegar a estos sitios, y más cuando la ciudad es más y más grande, el transporte es más económico.
2. Se percibe una mayor seguridad, debido a que las personas prefieren estar cerca a sus lugares de residencia también se buscan sitios cercanos donde puedan disfrutar y que les garantice que van a estar bien.
3. Por parte de los dueños de estos negocios es evidente que es más rentable establecer un negocio cerca a las personas para tener más clientela.

Pareciera que el modelo de centro comercial a veces se quedará limitado para las necesidades de las personas, puesto que es un lugar cerrado y suele llenarse mucho en especial cerca de fechas importantes; las personas prefieren encontrar diversión en espacios mixtos donde puedan ir a comer o bailar y llegar a su casa sin mucha demora y complicaciones, además de que resulte económico.

Por extraño que parezca, se prefiere estar en los espacios ruidosos, pero eliminar el ruido (en especial el ruido de la industria) es algo costoso a nivel estructural y tiende a ser más costoso acorde con los materiales y elementos que se empleen en el proceso de control de ruido, más costos aún se generan cuando la edificación que solía ser una casa residencial ahora va a ser un restaurante y para evitar que sea ruidosa toca modificar parte de la construcción. No es de extrañar entonces que por abaratar costos en una construcción se evite adecuar los espacios con el fin de que tanto el sonido exterior como el interior no colisionen.

Hay otro fenómeno que se desarrolla en especial con el tema de las bebidas alcohólicas y es que el alcohol inhibe ciertas respuestas y ralentiza la respuesta ante ciertos eventos, también entorpece los sentidos y por esto es que en un bar o una discoteca con volumen excesivo a la gente que se encuentra consumiendo alcohol parece poco importarle porque y entre más alcohol menos se hace evidente la problemática. También está evidenciado que el tipo de música puede influenciar de manera positiva o negativa a las personas, haciéndolas consumir y comprar más cosas, no solo en establecimientos de comidas y bebidas sino en centros comerciales y pasarelas. (Engels, Slettenhaar, ter Bogt y Scholte, 2011).

El volumen también es determinante para que el consumo se dé más a menudo y con un intervalo menor, en otras palabras, cuando experimentamos niveles de presión sonora considerablemente altos, instintivamente queremos consumir más, también cuando se está en una pista de baile o en eventos que son de entretenimiento y son ruidosos (Vickers, 2010 y Engels et al., 2011).

Es recurrente decir que dejar de visitar estos espacios no es la solución correcta, este problema tiene solución por parte de los dueños de los establecimientos y lugares que son ruidosos y deben atender a esta problemática para evitar sanciones y el impacto negativo a la sociedad, además de que se debe contemplar en el POT una distribución adecuada de los sitios de recreación y los lugares residenciales y de reposo.

En general, la mayor contaminación de ruido en las zonas urbanas es debida al tránsito, usualmente el ambiente urbanístico se encuentra entre los 80dB(A) tendiendo valores mayores

en las horas pico, y que acorde con Pathak et al., (2008) el ruido del tráfico es una fuente importante de dolores de cabeza, problemas de presión sanguínea, mareo y fatiga. El ruido se propaga en cantidades mayores en cuanto a la cantidad de vehículos, el uso del pito y el bullicio de las personas. El ruido industrial es de los más comunes y se presenta debido a la cantidad de maquinaria que es empleada, el ruido industrial generalmente es atendido con elementos de protección sonora que buscan prevenir daños considerables en el operario o trabajador. Esto es debido a que es más económico y más sencillo ya que tratar el ruido industrial de otras maneras es complejo y costoso, además de que algunos métodos de control aún no se encuentran aplicados a la industria.

### 3.2. El ruido en la normativa

El ruido hace parte inherente de toda cultura y desde tiempos históricos se ha buscado contrarrestar los efectos que este puede causar, a pesar de que en la actualidad se tiene esta problemática desarrollada con mayor gravedad, se puede presumir que se han implementado normativas claras con respecto al ruido. Pero ¿se están aplicando estas normas en nuestra sociedad?

Cabe resaltar que las leyes ambientales acordes con el problema del ruido buscan establecer los parámetros correctos en cuanto a la emisión de ruido en general. Básicamente ese es el propósito de estas leyes, aunque también es importante destacar que de estas leyes se desprenden otras que buscan establecer el correcto método de medición y determinación de un ruido, características de acondicionamiento de espacios y establecimientos y tiempos de medición, además de normas que restringen y aclaran las consecuencias a quienes incumplan las leyes establecidas.

Existen una gran cantidad de normas que tratan el tema del ruido. Internacionalmente se encuentra que las normas ANSI regulan el coeficiente de ruido en Colombia para los elementos de protección personal contra ruido, otras normas como las ISO tratan temas acústicos de medición y calibración según estándares internacionales; sin embargo, a la hora de contextualizar esta problemática en nuestro país debemos remitirnos a las leyes implementadas como la Ley 99 y las Resoluciones 8321 y la 0627 comúnmente nombradas cuando de ruido se trata.

## 4. Conclusión

Las normativas reglamentarias en Colombia, con respecto a la problemática del ruido son suficientes y pertinentes, no hace falta actualizarlas ni modificarlas, puesto que los decretos y leyes promulgados y que determinan los niveles

correctos de emisión de ruido están a la par con otras normativas extranjeras coherentes. La problemática del ruido a nivel normativo le compete a dos ministerios en especial: al Ministerio de Salud (el cual decretó una de las primeras normas con miras de conservar la salud de los trabajadores expuestos al ruido y a la población en general, la Resolución 8321 de 1983) y al Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (el cual decretó la Resolución 0627 de 2006). Lamentablemente en Colombia, y con evidencia en los casos de estudio analizados, se concluye que hace falta un cumplimiento adecuado de las normas en cuanto a emisión de ruido, ya sea por las autoridades de control respectivo o debido a un mismo autocontrol.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Notas

1. *Disability-Adjusted Life Year* (AVPP, Años de Vida Potencialmente Perdidos), corresponde a un indicador que permite medir la carga global de una enfermedad, expresada como el número de años perdidos debido a enfermedad, inhabilidad o muerte prematura.

### Referencias bibliográficas

1. AMAYA, Manuel y ANGEL, Carlos. Estado del Ambiente en Bogotá D.C. Línea Base Ambiental 2008. Secretaría Distrital de Ambiente, 2008. 107 p.
2. AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. Noise: a hazard for the fetus and newborn. *En: Pediatrics*. Octubre, 1997. vol. 100. no. 4, p. 724-727
3. AMVA. Metrópoli 2008 – 2020. Hacia la Integración Regional Sostenible. Medellín, 2008.
4. AMVA & POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID. Elaboración de los mapas acústicos y de concentraciones de monóxido de carbono para los municipios de la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, 2005.
5. ANSI. Z24.22-1957: Method for the Measurement of Real-Ear Attenuation of Ear Protectors at Threshold. American National Standards Institute, 1957.
6. ANSI. S3.19-1974: Method for the Measurement of Real-Ear Attenuation of Ear Protectors at Threshold. American National Standards Institute, 1974.
7. ANSI. S12.6-1984: Method for the Measurement of Real-Ear Attenuation of Ear Protectors. American National Standards Institute, 1984.
8. ANSI. S12.42-1995: Microphone-in-Real-Ear and Acoustic Test Fixture Methods for the Measurement of Insertion Loss of Circumaural Hearing Protection Devices. American National Standards Institute, 1995.
9. BERANEK, Leo. Acoustics. New York: Acoustical Society of America, 1986. 491 p.
10. CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO. Declaración de Río. Ambiente y el Desarrollo. Brasil, Río de Janeiro, 1992. 4 p.
11. COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 09 (24, enero, 1979). Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. Bogotá D.C.: Diario oficial. Bogotá, D.C., 1979.
12. COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 99 (22, diciembre, 1993). por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se ordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.: Diario oficial. Bogotá, D.C., 1993.
13. COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 0627 (7, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Bogotá D.C.: Diario oficial. Bogotá, D.C., 2006. No. 46239.
14. COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Resolución 8321 (4, agosto, 1983). Por la cual se dictan normas sobre protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas por causa de la producción y emisión de ruidos. Bogotá D.C.: Diario oficial. Bogotá, D.C., 1983. No. 36351.
15. COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 614 (14, marzo, 1984). Por el cual se determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país. Bogotá D.C.: Diario oficial. Bogotá, D.C., 1984. No. 36561.
16. COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 2811 (18, diciembre, 1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá D.C.: Diario oficial. Bogotá, D.C., 1974. No. 34243.
17. COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 2269 (16, noviembre, 1993). por el cual se organiza el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología. Bogotá D.C.: Diario oficial. Bogotá, D.C., 1993. No. 41110.
18. COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1832 (3, agosto, 1994). Por el cual se adopta la Tabla de Enfermedades Profesionales. Bogotá D.C.: Diario oficial. Bogotá, D.C., 1994. No. 41473.
19. COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 948 (5, junio, 1995). Reglamento de protección y control de la calidad del aire. Bogotá D.C.: Diario oficial. Bogotá, D.C., 1995. No. 41876.
20. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CONTROL FÍSICO. Cálculo del ruido producido por el tráfico. Cali: Ediciones DAP, 1994. 128 p.
21. DE LA ROSA, Manuel. Ruido Industrial y Urbano. Madrid: Paraninfo, 2000. 240 p.
22. DEL RIO, Jorge; PEREZ, Ivonne; CASTRO, Idelfonso y MANJARREZ, Ganiveth. La contaminación acústica y percepción poblacional al sistema de transporte masivo de Cartagena, Colombia. *En: DELOS Desarrollo Local Sostenible*. Junio, 2009. vol. 2, no. 5, p. 84-93
23. ENGELS, Rutger; SLETTENHAAR, Gert; TER BOGT, Tom y SCHOLTE, Ron. Effect of alcohol references in music on alcohol consumption in public drinking places. *En: The American Journal on Addictions*. 2011. vol. 20, no. 6, p. 530-534.
24. FAJARDO, Diana; GALLEGU, Sonia y ARGOTE, Luz. Niveles de ruido en la Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal "CIRENA" del Hospital Universitario del Valle, Cali, Colombia. *En: Colombia Médica*. 2007. vol. 38, no. 4, p. 64-71.

25. GOBIERNO DE NAVARRA. Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores relativas a la exposición al ruido. Instituto Navarro de Salud Laboral, 2008. 113 p.
26. GÓMEZ, Eduardo. Mapa de ruido de las comunas 2, 17 y 19 de la ciudad de Santiago de Cali. Cali: DAGMA, 2011. 191 p.
27. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC ISO 31-7: Cantidades y unidades. Parte 7. Acústica. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1994. (19, octubre, 1994)
28. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 2272: Acústica. Método para la medición de la protección real del oído brindada por los protectores auditivos y medición de la atenuación física de las orejas. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998. (28, octubre, 1998)
29. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 3321: Acústica. Determinación de la exposición al ruido ocupacional y estimación del deterioro de la audición inducido por el ruido. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2003. (26, febrero, 2003)
30. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 3437: Ruido emitido por maquinaria y equipo. Pautas para la preparación de códigos de ensayo de ingeniería que requieren mediciones de ruido en la posición del operador del espectador. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1992. (18, noviembre, 1992)
31. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 4795: Acústica. Determinación del desempeño de aislamientos acústicos de cerramientos. Parte I. Mediciones en condiciones de laboratorio (para propósitos de declaración). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2000. (17, mayo, 2000)
32. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 4945: Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5. Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2001. (27, junio, 2001)
33. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5040: Acústica. Directrices para el control de ruido por medio de silenciadores. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2002. (30, abril, 2002)
34. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5626: Acústica. Medición del nivel de presión sonora de los equipos técnicos en los edificios. Método de medición. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2008. (29, octubre, 2008)
35. ISO. 532:1975 Acoustics -- Method for calculating loudness level, International Organization for Standardization, 1998.
36. ISO. 389:1998 Acoustics -- Reference zero for the calibration of audiometric equipment, International Organization for Standardization, 1998.
37. ISO. 226:2003 Acoustics -- Normal equal-loudness-level contours. International Organization for Standardization, 2003.
38. ISO. 8253:2010 Acoustics -- Audiometric test methods. International Organization for Standardization, 2003.
39. MÉNDEZ, María; GUTIÉRREZ, Ileana & ARCH, Emilio. Manifestaciones conductuales por las cuales se sospecha hipoacusia en niños. *En: Anales Médicos Asociación Médica del American British Cowdry Hospital*. Octubre-Diciembre, 2003. vol. 48, no. 4, p. 199-203
40. NIOSH. Criteria For a Recommended Standard. Occupational Noise Exposure. National Institute Safety and Health. Publication No. 98-126, 1998.
41. OAB. Kennedy es la zona más ruidosa de Bogotá. OBSERVATORIO AMBIENTAL DE BOGOTÁ [online]. Julio 2012 -[citado el 13 de Diciembre de 2014]. Disponible en Internet: <<http://oab.ambientebogota.gov.co/es/el-observatorio-y-las-localidades/novedades-kennedy/kennedy-es-la-zona-mas-ruidosa-de-bogota>>
42. OMS. Global Health Observatory Data Repository. Organización Mundial de la Salud, 2004.
43. ORTEGA, Mariela, y CARDONA, Juan Mario. Metodología para evaluación del ruido ambiental urbano en la ciudad de Medellín. *En: Facultad Nacional de Salud Pública*. Julio-Diciembre, 2005. vol. 23, no. 2, p. 70-77.
44. OSHA. 29 CFR 1910.95: Occupational noise exposure. The Occupational Safety and Health Administration.
45. PACHECO, José, FRANCO, Juan F y BEHRENTZ, Eduardo. Caracterización de los niveles de contaminación auditiva en Bogotá: Estudio piloto. *En: Revista de Ingeniería*, Noviembre, 2009. no. 30, p. 72-80.
46. PALACIO, Luz Marina; YEPES, Alfonso; ALCALÁ, Gabriel; ALCALÁ, Liliana; RIOS, Ana; SUAREZ, Elizabeth y NIEVES, Sergio. Detección de hipoacusia mediante potenciales evocados auditivos tronco-encefálicos y otoemisiones acústicas transitorias en niños (as) del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Barranquilla (Colombia), 2009. *En: Salud Uninorte*. Junio, 2011. vol. 21. no. 1, p. 85-94.
47. PATHAK, V.; TRIPATHI B. y MISHRA, V. Evaluation of traffic noise pollution and attitudes of exposed individuals in working place. *En: Atmospheric Environment*. vol. 42, no. 16. Mayo 2008, p. 3892-3898.
48. ROJAS, Jaime; CARMONA, Oscar; FUQUEN, Germán y BUSTOS, Julio. Ruido e hipoacusia en cinco empresas dedicadas a la fabricación de artículos de hojalata en Bogotá, D.E. 1985. *Disertación Doctoral*. Bogotá D.C.: Universidad El Bosque. Facultad de Medicina, 1993. 88p.
49. VICKERS, Earl. The loudness war: Background, speculation, and recommendations. *En: Audio Engineering Society Convention* 129. Noviembre, 2010.
50. YEPES, Dora; GOMEZ, Miryam; SANCHEZ, Luis y JARAMILLO Ana. Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano – caso Medellín. *En: Dyna*. Junio, 2009. vol. 76, no. 158, p. 29-40.