



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

INVESTIGACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL AMBIENTE SONORO EN LA
SALUD DE LOS HABITANTES DE LAS PRINCIPALES PLAZAS DEL CENTRO
HISTÓRICO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Sonido y Acústica

Profesor Guía

Ing. Harry Arias

Autor

Andrés Sebastián Viteri Larco

Año

2013

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido este trabajo a través de las reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación."

Harry Ricardo Arias Realpe

Ingeniero en Sonido y Acústica

CI: 171170587-9

DECLARACIÓN DE LA AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

"Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado fuentes correspondientes, y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes."

Andrés Sebastián Viteri Larco

CI: 172033760-7

AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna u otra forma, son parte de su culminación. Mi sincero agradecimiento hacia el Ing. Harry Arias, quien con su comprensión, paciencia y sabia tutela ayudaron al correcto desarrollo de la tesis. Por último y no por menos importantes a mi familia y amigos por su constante e incondicional apoyo, amor y comprensión durante mi vida.

Andrés Sebastián Viteri L.

DEDICATORIA

La totalidad de este trabajo está dedicado a mis padres Fernando Viteri y Cecilia Larco, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar. También lo dedico a mi hermano Abel Viteri, por ser ese amigo y compañero incondicional de proyectos.

Andrés Sebastián Viteri L.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el ambiente sonoro actual de las principales plazas del centro histórico, tomando en cuenta que la evaluación contempla no solo la parte física del ruido ambiental, sino que además la molestia ó confort acústico de la población ante fuentes de ruido existentes en el lugar y que conforman el entorno actual.

El identificar, evaluar y analizar el grado de molestia producido por las principales fuentes sonoras, se lo realizará mediante mediciones in situ y la elaboración de encuestas que serán entregadas a la población del sector de estudio. Existen dos objetivos principales de la investigación, el cual comprende la medición de ruido objetiva para ser comparada con la molestia reportada y, la predisposición de la población para aportar a la reducción de ruido desde el punto de vista social y económico.

Para conseguir los objetivos trazados se tomaron como referencia a la norma ISO 1996-1, ISO 1996-2 y la ordenanza municipal 213, las cuales hacen referencia a conceptos básicos de acústica, determinación de niveles y métodos de evaluación de ruido ambiental. Dichas directrices nos servirán para poder realizar una comparación con la normativa distrital vigente y realizar las observaciones pertinentes.

ABSTRACT

This research aims to evaluate the current soundscape on the main squares of the historic center, considering that evaluation should not only include physical part of environmental noise, but also the acoustic comfort or discomfort of population against noise sources present on the site and that conform currently environment.

Identify, evaluate and analyze the degree of discomfort produces by the main noise sources, this would be done through in situ measurements and the development of polls to be delivered to people in the field of study. There are two main objectives of research, which includes the objective noise measurement to be compared with discomfort reported and the willingness of people to contribute to reduced noise since social and economy perspective.

In order to achieve goals set were taken as reference to ISO 1996-1, ISO 1997-2 bylaw 213, which refers to basic concepts of acoustic, determination of levels and methods of evaluation of environmental noise. These guidelines will help us to make a comparison with current district policy and make relevant comments.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
1 MARCO TEÓRICO	5
1.1 Sonido.....	5
1.1.1 Espectro	5
1.1.2 Densidad espectral	5
1.1.3 Velocidad de propagación (c)	6
1.1.4 Sonido periódico simple (tonos puros).....	6
1.1.5 Sonidos periódicos complejos.....	7
1.1.6 Sonidos no periódicos (aleatorios).....	8
1.1.7 Sonidos transitorios.....	8
1.2 Contaminación acústica	9
1.2.1 Acústica Urbanística	9
1.3 Ruido ambiental	10
1.3.1 Emisores de ruido ambiental.....	10
1.3.2 Factores que influyen en la propagación	12
1.4 Efectos del ruido sobre el ser humano	14
1.4.1 Funcionamiento del oído humano.....	14
1.4.2 Percepción psicoacústica.....	15
1.4.3 Límites y umbral de la audición.....	16
1.4.4 Efectos no clínicos	17
1.4.5 Efectos clínicos no auditivos	17
1.4.6 Efectos auditivos	18
1.5 Valoración del ruido.....	19
1.5.1 Nivel de presión sonora L_p	19
1.5.2 Nivel de presión sonora continuo equivalente L_{eq}	20

1.5.3	Nivel de presión sonora pico.....	20
1.5.4	Nivel de presión sonora máximo y mínimo $L_{m\acute{a}x}$, $L_{m\acute{i}n}$	20
1.5.5	Nivel de exposición sonora SEL	20
1.5.6	Distribución estadística en el tiempo L_n	21
1.5.7	Nivel de contaminación acústica L_{np}	21
1.5.8	Nivel promedio día-noche L_{dn}	21
1.6	Instrumentación de medición.....	21
1.6.1	Filtro de compensación A.....	22
1.6.2	Respuesta Temporal.....	23
1.6.3	Micrófono de medición	23
1.6.4	Medidor de nivel de presión sonora.....	24
1.7	Evaluación ambiental.....	25
1.7.1	Mapa de ruido	25
1.7.2	Evaluación de ruido de tráfico rodado.....	25
2	Descripción de la metodología para el estudio de campo	28
2.1	Metodología para la medición.....	28
2.1.1	Instrumentación a utilizar	28
2.1.2	Determinación y ubicación de los puntos de medición	28
2.1.3	Tiempos de medición	29
2.1.4	Actividades simultáneas a la medición	29
2.2	Metodología para la encuesta	29
2.2.1	Muestreo probabilístico	30
2.2.2	Técnicas de muestreo.....	30
2.2.3	Tipos de encuesta.....	31
2.2.4	Definición de la población	31

3 Desarrollo	33
3.1 Estudio rápido del área afectada	33
3.2 Evaluación objetiva del ruido	33
3.2.1 Definición de focos de molestia	33
3.2.2 Localización y horarios de la medición	34
3.2.3 Procesamiento de datos obtenidos.....	40
3.3 Evaluación subjetiva del ruido	46
3.3.1 Resultados de la encuesta.....	48
3.4 Análisis de resultados entre la evaluación objetiva y subjetiva con la norma vigente	55
3.5 Identificación de efectos.....	58
4 Proyecciones de los agentes contaminantes	62
5 Análisis económico	64
5.1 Gastos empleados en la investigación	64
6 Conclusiones y Recomendaciones	66
6.1 Conclusiones.....	66
6.2 Recomendaciones	67
Referencias	69
Anexos	70

Índice de figuras

Figura 1. Tono puro de 1kHz	7
Figura 2. Suma de tonos puros.....	8
Figura 3. Sonido no periódico	8
Figura 4. Pulso rectangular	9
Figura 5. Corte transversal del oído derecho.....	15
Figura 6. Contorno de igual sonoridad.....	17
Figura 7. Filtro de compensación A	23
Figura 8. Sonómetro Solo 01 dB.....	28
Figura 9. Ubicación y valor del registro de los puntos de medición en la Plaza de San Francisco.....	35
Figura 10. Ubicación y valor del registro de los puntos de medición en la Plaza de Santo Domingo	36
Figura 11. Ubicación y valor del registro de los puntos de medición en la Plaza de la Independencia.....	37
Figura 12. Ubicación y valor del registro de los puntos de medición en la Plaza del Teatro	38
Figura 13. Ubicación y valor del registro de los puntos de medición en la Plaza 24 de Mayo	39
Figura 14. Nivel equivalente en $dB(A)$ diurno obtenido teóricamente por tráfico horario.....	44
Figura 15. Nivel equivalente en $dB(A)$ nocturno obtenido teóricamente por tráfico horario.....	44

Figura 16. Nivel equivalente en $dB(A)$ diurno obtenido en campo por sector de estudio.....	45
Figura 17. Nivel equivalente en $dB(A)$ nocturno obtenido en campo por sector de estudio.....	46
Figura 18. Distribución de la muestra por género	48
Figura 19. Distribución de la muestra por edad	48
Figura 20. Distribución de la muestra sobre el ruido como factor contaminante	49
Figura 21. Distribución de la muestra por grado de molestia.....	49
Figura 22. Distribución de la muestra por periodo de exposición y el grado de molestia.....	50
Figura 23. Distribución de la muestra por molestia producida por Autos/Buses.....	50
Figura 24. Distribución de la muestra por molestia producida por Comercio Ambulante	51
Figura 25. Distribución de la muestra por molestia producida por Parlantes en las aceras	51
Figura 26. Distribución de la muestra por molestia producida por Industria y construcción	51
Figura 27. Distribución de la muestra por molestia producida por Iglesias.....	52
Figura 28. Distribución de la muestra por ubicación de la propiedad	52
Figura 29. Distribución de la muestra por distancia de la propiedad al lugar de trabajo.....	53
Figura 30. Distribución de la muestra que considera la restricción vehicular como medida de prevención	54

Figura 31. Distribución de la muestra dispuesta a invertir en el aislamiento acústico en el hogar.....	56
Figura 32. Distribución de la muestra dispuesta a aportar económicamente por mantener el vecindario "libre de ruido".....	57
Figura 33. Distribución de la muestra indicando la actividad interrumpida por el ruido.....	60
Figura 34. Distribución de la muestra por molestia producida de acuerdo con la edad de los individuos.....	61

Índice de tablas

Tabla 1. Nivel sonoro en $dB(A)$ de diversos tipos de vehículos.....	11
Tabla 2. Cálculo de la muestra, nivel de confianza y margen de error.....	32
Tabla 3. Nivel sonoro en $dB(A)$ identificando fuentes de ruido específicas.....	40
Tabla 4. Estimación de ruido de tráfico horario Plaza de San Francisco	41
Tabla 5. Estimación de ruido de tráfico horario Plaza de Santo Domingo.....	42
Tabla 6. Estimación de ruido de tráfico horario Plaza de la Independencia.....	42
Tabla 7. Estimación de ruido de tráfico horario Plaza del Teatro	42
Tabla 8. Estimación de ruido de tráfico horario Plaza 24 de Mayo.....	43
Tabla 9. Incertidumbre de los datos teóricos obtenidos	43
Tabla 10. Nivel equivalente en $dB(A)$ obtenido por sector de estudio	45
Tabla 11. Registro percentil L_{10}	55
Tabla 12. Efectos de diferentes niveles de ruido en horarios nocturnos	58
Tabla 13. Estimación del incremento de nivel diurno producido por tráfico horario.....	62
Tabla 14. Estimación del incremento de nivel nocturno producido por tráfico horario.....	62
Tabla 15. Gastos necesarios realizados.....	64

Índice de ecuaciones

(1) Densidad espectral.....	5
(2) Velocidad de propagación del sonido	6
(3) Aproximación de la velocidad de propagación del sonido	6
(4) Onda senoidal en función del tiempo	7
(5) Ruido Comunitario con alta densidad poblacional	12
(6) Ruido Comunitario con baja densidad poblacional	12
(7) Nivel de presión sonora	20
(8) Nivel de presión sonora continua equivalente	20
(9) Nivel de contaminación acústica para una distribución gaussiana	21
(10) Nivel de contaminación acústica	21
(11) Nivel sonoro día-noche.....	21
(12) Estimación de tráfico diurno	26
(13) Estimación de tráfico nocturno	26
(14) Estimación de tráfico para transporte ligero	26
(15) Estimación de tráfico para transporte pesado	26
(16) Nivel equivalente de ruido de tráfico	26
(17) Nivel de corrección por velocidad de transporte pesado ($v \leq 90 \text{Km/h}$).....	26
(18) Nivel de corrección por velocidad de transporte pesado ($v > 90 \text{Km/h}$).....	27
(19) Nivel de corrección por velocidad de tráfico rodado.....	27
(20) Nivel de corrección por número de vehículos	27
(21) Cálculo de la incertidumbre de los datos teóricos registrados	43



INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El ruido urbano es uno de los problemas ambientales que la humanidad está enfrentando actualmente. Diferentes estudios han mostrado que el ruido afecta a las personas, produciendo en ellos efectos físicos y psicológicos negativos. Además, organismos internacionales como la Organización Mundial de la salud (OMS) y la Organización para el Comercio y Desarrollo Económico (OCDE) han incluido al ruido dentro de los temas ambientales de investigación prioritaria, señalándolo como un indicador de calidad ambiental urbana.

En general, cuando se evalúa el impacto en la salud y en el bienestar del ser humano, el ruido es usualmente clasificado como ruido ocupacional y ruido urbano (también llamado ruido ambiental). Ruido ocupacional es el que se presenta dentro de los ambientes laborales; afectando a trabajadores sobre todo en el área industrial. El ruido ambiental es el que se propaga en áreas exteriores de una colectividad y puede introducirse en los inmuebles; este tipo de ruido es generado por fuentes sonoras cuya emisión de ruido no es controlada por el área al que permanece; sin embargo, por la situación demográfica en la que se encuentra la capital de la República, podremos obtener una composición de estas dos subdivisiones. El ruido ambiental puede tener efectos tales como: interferencia en la comunicación, perturbación y afecciones del sueño, afecciones psicofisiológicas (estrés y efectos cardiovasculares), efectos en la salud mental, en el desempeño de tareas (comprensión, receptividad, distracción, entre otros.), en la productividad, en el comportamiento social.

A lo largo de varias décadas se han realizado estudios enfocados en la descripción objetiva del ambiente sonoro en zonas urbanas. Muchos de ellos se han centrado en la medición del ruido en el exterior de las edificaciones, principalmente en espacios habitacionales. La propagación del sonido en el exterior ha sido tema de numerosas investigaciones desde la década de los cincuenta, cuando el ruido de los medios de transporte fue reconocido como un

problema ambiental en algunos países. Desde aquellos años se han desarrollado numerosos modelos para evaluar y controlar el ruido ambiental.

Los primeros estudios en esta área consideraron un escenario relativamente simple, principalmente bajo condiciones de espacio abierto en carreteras cercanas a zonas habitacionales; donde se tenía como únicas variables la distancia fuente-receptor y la cantidad de vehículos por hora. Posteriormente, se incorporó la velocidad de los vehículos y sus características. Modelos más recientes incorporan un análisis más amplio donde se toman variables como atenuación producida por el terreno, por obstáculos artificiales y naturales, efectos de la temperatura y el viento, entre otras.

El estudio de la propagación del sonido también se ha realizado dentro de las ciudades. La mayoría de los trabajos se han enfocados en el análisis del comportamiento del sonido en los denominados cañones urbanos, estos están conformados por las calles y edificaciones limitantes. Estos estudios se emprenden en la década de los setenta, en la cual se realizan los primeros modelos (Aylor y Parlante 1973; Bullen y Fricke, 1976), enfocados principalmente al campo reverberante.

En la actualidad, una tendencia importante en el análisis del ruido urbano, es que se está poniendo mayor atención al proyecto del ambiente sonoro más que a la simple reducción del ruido o al establecimiento de límites tolerantes. La investigación está dirigida a desarrollar métodos para analizar el ambiente sonoro desde un punto de vista integral; es decir, teniendo en cuenta la interacción entre las personas, el sonido y el contexto donde este es percibido. Se ha puesto de manifiesto la importancia de analizar el significado social y cultural que las personas atribuyen al ambiente sonoro.

Justificación

El proyecto es una propuesta complementaria a la investigación realizada por el Ing. André Hernández sobre el impacto de la contaminación acústica dentro del centro histórico del Distrito Metropolitano de Quito. La investigación se concentrará en determinar las fuentes de ruido del sector, valorarlas y proponer

las mejores alternativas para prevenir y reducir el ruido ambiental con el aporte directo de los sujetos contaminantes, contaminados y del gobierno local.

Desde esta perspectiva en la respuesta al ambiente sonoro influyen variantes físicas, sociales e individuales, culturales, estéticas y emocionales que nos permitirán apreciar la experiencia subjetiva, el significado y relevancia que tienen los sonidos para las personas. Lo que nos va a permitir definir cuáles son las características de un ambiente sonoro favorable para los usuarios de las principales plazas del centro histórico.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la condición y calidad del ambiente sonoro en las principales plazas del centro histórico del Distrito Metropolitano de Quito, mediante el cálculo de coeficientes sonoros basados en las mediciones y encuestas realizadas a sus habitantes.

Objetivos Específicos

- Establecer mapas de ubicación de puntos de medición.
- Identificar y clasificar las fuentes de ruido existentes en el sector de análisis.
- Determinar la contribución de las fuentes de ruido sobre el ruido ambiente.
- Valorar mediante percentiles los niveles de ruido asociados a cada lugar.
- Valorar la respuesta subjetiva de los sujetos contaminados por el ruido obtenido en el lugar.
- Correlacionar la respuesta de la comunidad y los límites especificados en la legislación.
- Analizar la incidencia de las características estéticas de la fuente en la respuesta de tolerancia y molestia.
- Evaluar impactos actuales para proyectarlos al futuro.
- Sugerir cambios a la norma técnica vigente.

Hipótesis

La incidencia que tiene el ruido (producido por rodadura, tráfico denso, demografía) sobre las personas que pernoctan y desarrollan sus labores económicas en el lugar produce un ambiente sonoro perjudicial que trae como consecuencia: interferencia en la comunicación, perturbación y afecciones del sueño, afecciones psicofisiológicas (estrés y efectos cardiovasculares), efectos en la salud mental, en el desempeño de tareas, en la productividad, en el comportamiento social.

Las personas afectadas pueden ser trabajadores en el ámbito laboral, ciudadanos en el interior de sus viviendas, usuarios de los medios de transporte público o privado, transeúntes, entre otros; la fauna es también afectada por este tipo de contaminación. Muchas especies animales poseen códigos de comunicación basados en la reproducción de sonidos, incluso si el ruido no llegase a afectar sobre su comunicación puede llegar a manifestarse con cambios en el comportamiento de las especies.

Para atenuar los daños producidos por el crecimiento de los niveles de ruido en núcleos urbanos, se han comenzado a tomar una serie de acciones tanto políticas, económicas y sociales. Algunas de estas acciones incluyen la redacción de normativa que establece procedimiento de medición y análisis de ruido, acompañado de la elaboración de una legislación que regula los máximos niveles sonoros admisibles.

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Sonido

El sonido se puede definir como una vibración mecánica producida dentro de un medio elástico y mediante el cual este se propagará, en este caso particular de estudio, se tomará como medio de propagación el aire. Al existir una perturbación a través del medio elástico (aire), existen variaciones de presión las cuales se producirán a lo largo del tiempo y además se propagarán por todo el espacio con una velocidad c , hasta un tiempo t en el cual ésta logrará su atenuación.

1.1.1 Espectro

La mayoría de sonidos percibidos pueden ser representados como la suma de una serie de armónicos, el espectro no es más que la representación gráfica del conjunto de frecuencias asociadas al sonido generado.

1.1.2 Densidad espectral

Esta es una particularidad para el caso de representación del sonido, se hace uso de la potencia sonora conjunta por una banda de frecuencia o más conocida como densidad espectral.

Se define la densidad espectral como la representación de la presión en función de un ancho de banda. Podemos definirla como:

$$P^2(f) = \lim_{f' \rightarrow f} \frac{(P_{ef})^2}{f' - f} [Pa] \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

P_{ef}^2 = presión sonora eficaz.

$f' - f$ = ancho de banda.

Puede denotarse entonces que, la densidad espectral es un valor de presión sonora promedio con respecto a la frecuencia.

1.1.3 Velocidad de propagación (c)

La velocidad de propagación es función de la elasticidad y densidad del medio de propagación. Mientras más denso y menos elástico sea el medio la velocidad de propagación crecerá.

Para el cálculo de la velocidad de propagación se toma la siguiente fórmula matemática:

$$c = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

γ =constante de elasticidad del medio (1.4 para el aire).

R =8,31 J/mol*°K.

M =masa de 1 mol en kg/mol= 0,0288 kg/mol para el aire.

T =temperatura absoluta en grados Kelvin.

Se puede realizar una aproximación de la velocidad de propagación del sonido en el aire mediante la siguiente fórmula:

$$c = 331 + 0,6 * t \left[\frac{m}{s} \right] \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

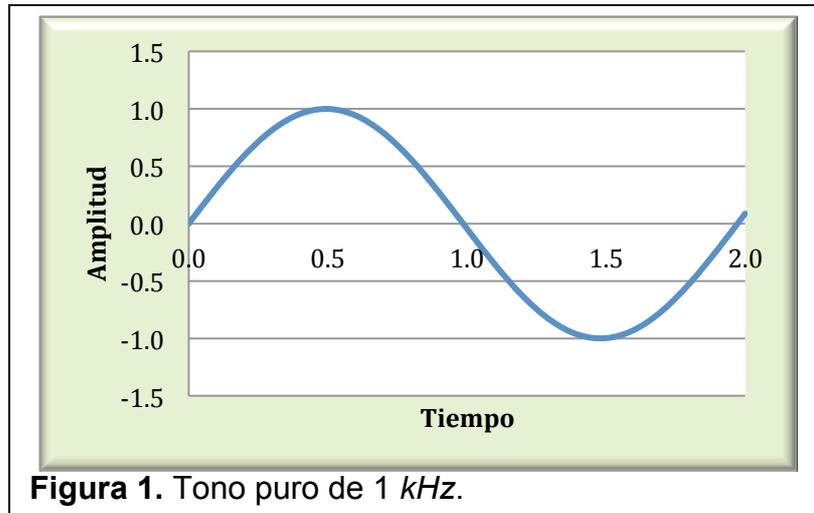
t = temperatura en aire en grados centígrados.

Asumiendo las condiciones más usuales de medición se tiene que la velocidad de propagación en el aire de $c= 343 \text{ m/s}$, para una temperatura de 21 °C y 1 atm.

1.1.4 Sonido periódico simple (tonos puros)

Este es un caso especial en el cual la perturbación se repite cada periodo, con una cierta frecuencia. Para este caso se evoca la sensación de tono. La sensación de altura del tono aumentará con la frecuencia y viceversa. Es el tipo de sonido que no se puede encontrar con facilidad en la naturaleza y se

compone de una sola frecuencia (onda sinusoidal), por ejemplo el sonido proveniente de un diapasón.



La fórmula que representa la figura 1 es una función senoidal que se encuentra en función del tiempo. Esta puede ser descrita por:

$$P(t) = A \sin(2 * \pi * f * t) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

A =amplitud del máxima de onda.

$2 * \pi$ = periodo de la onda.

f =frecuencia de la onda.

1.1.5 Sonidos periódicos complejos

Este es caracterizado por su espectro, compuesto por una frecuencia fundamental o primer armónico, y un conjunto de frecuencias múltiplos de esta o menor llamados armónicos.

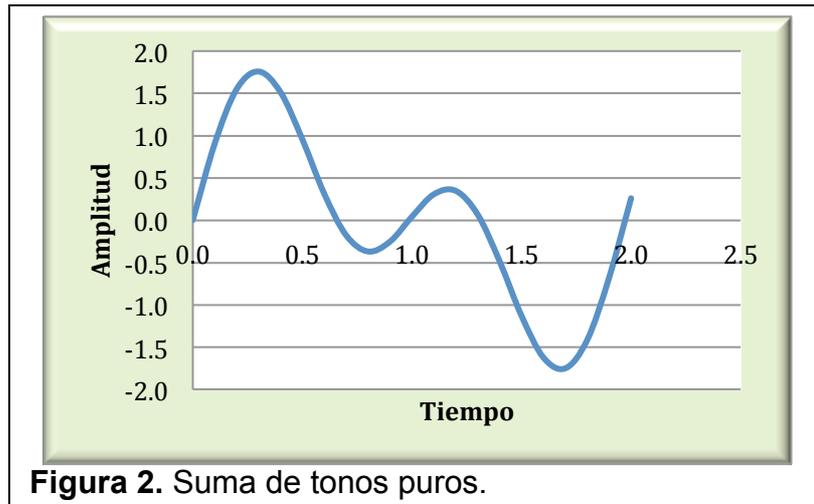


Figura 2. Suma de tonos puros.

1.1.6 Sonidos no periódicos (aleatorios)

Este es caracterizado por el contenido de múltiples frecuencias (superposición de ondas sinusoidales), siendo imposible de individualizar debido a la proximidad de cada una de ellas. Por lo general este tipo de sonido es asociado al ruido, para su representación no es conveniente hacerlo mediante espectros sonoros, sino que se utilizará una línea continua denominada densidad espectral.

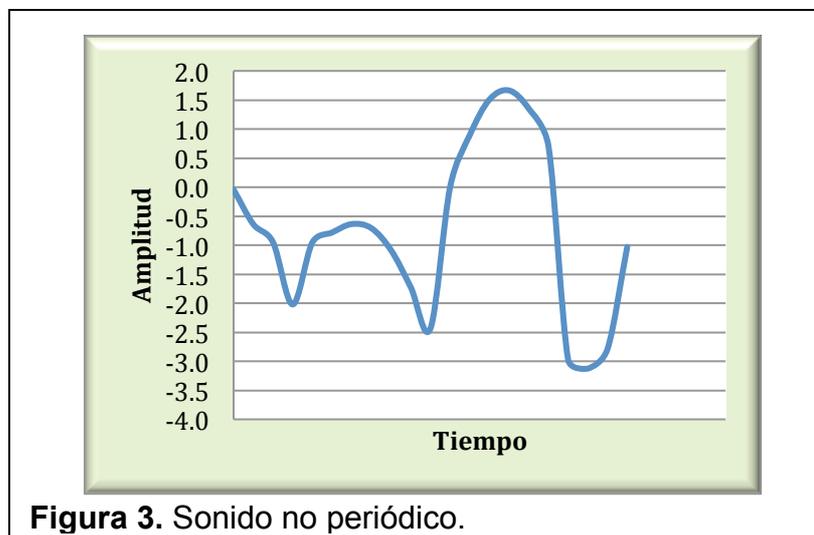
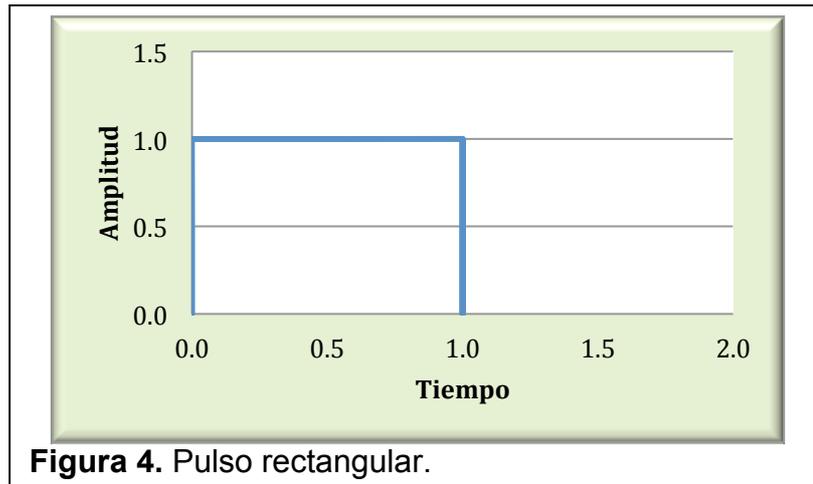


Figura 3. Sonido no periódico.

1.1.7 Sonidos transitorios

Este tipo de sonido es de carácter explosivo e impulsivo, son de corta duración y a diferencia de los antes descritos contiene una gran cantidad de componentes frecuenciales. Estas forman un espectro continuo y entre sí no guardan relación.



1.2 Contaminación acústica

Contaminación acústica se la conoce como al exceso de energía sonora que altera las condiciones normales en las cuales se desarrollan las actividades cotidianas de los seres humanos, este puede ser el causante de afectaciones a nivel físico y psicológico. Para esto, la acústica urbanística nos servirá como instrumento para el estudio de la parte tanto estadística como física del sonido, considerando el conjunto de elementos bióticos y abióticos que son parte de la biósfera, es decir, todo aquello que rodea al ser humano.

1.2.1 Acústica Urbanística

La acústica urbanística está constituida por el conjunto de técnicas y métodos cuyo propósito es crear un ambiente sonoro adecuado, en los diversos espacios exteriores donde el ser humano habita y realiza sus actividades cotidianas. Este conjunto de técnicas y métodos pueden ser los más eficientes a la hora de corregir un ambiente sonoro, constituyéndose el primer eslabón de la cadena en la lucha contra el ruido, logrando tener un efecto tremendamente positivo al lograr prever situaciones en proyecto.

Las formas de intervención difieren a su manejo y función, siendo la más positiva y sobre todo menos costosa al resolver la problemática acústica del exterior (intervención y evaluación del impacto ambiental), luego continúa con el aislamiento (intervención en la frontera, es decir, el límite entre el espacio interior y exterior), por último, el acondicionamiento (intervención en el interior de cada inmueble).

1.2.1.1 Ambiente sonoro

Contempla no sólo el estudio físico, sino que además integra el estudio de la acción e influencia de entorno sobre las personas, es decir, el sonido y el contexto donde este es percibido, además de su ajuste al marco ambiental.

1.3 Ruido ambiental

El ruido es uno de los elementos que definen nuestro entorno cotidiano y entendido como la mezcla de distintas frecuencias a distintas amplitudes, es decir la conjugación de diversas frecuencias fundamentales con los armónicos que los acompañan.

La fuente de mayor grado de molestia, si bien es cierto, es el ruido producido por el tráfico rodado, también se manifiestan las actividades tanto en la convivencia, actividad doméstica, la mecanización de las actividades económicas e incluso las actividades recreativas y públicas.

1.3.1 Emisores de ruido ambiental

La primordial fuente de ruido en el exterior de las edificaciones es el ruido producido por tráfico rodado, por lo tanto, este es considerado por la comunidad y para el método de estudio como el "ruido de fondo" sobre el cual se suman todos los demás tipos de ruidos generados por el uso del espacio.

1.3.1.1 Tipos de fuente de ruido

Las principales fuentes de contaminación acústica son aquellas producidas por el desarrollo de las actividades humanas. Existen un sin número de fuentes cada una con particularidades en su espectro emitido, potencia, direccionalidad, etc. Para el desarrollo del estudio debemos conocer las principales fuentes que son de fácil encuentro en el entorno.

1.3.1.1.1 Fuente puntual

La intensidad producida por este tipo de fuente en sus cercanías es muy alta, dependen de las características de fuente emisora para cuantificar su impacto; sufre un decaimiento de 6 *dB* cada duplicación de distancia. El ruido emitido por la industria, construcción, servicios y actividades varias son ejemplo de este tipo de fuente.

1.3.1.1.2 Fuente lineal

Este tipo de fuente genera un campo acústico constante con una superficie de impacto paralelo al recorrido; sufre un decaimiento de 3 *dB* cada duplicación de distancia. El ruido de tráfico rodado es considerado como un ejemplo de este tipo de fuente

1.3.1.2 Tráfico rodado

Este tipo de fuente de ruido es el que presenta menor dificultad a la hora de su cuantificación, por esta razón, los datos obtenidos en la investigación de campo se ajusta bastante bien a la realidad.

El ruido de tráfico rodado es el provocado por los vehículos en circulación y es la superposición de diferentes ruidos provocados por el motor, la transmisión, la fricción de los neumáticos, etc.

Tabla 1. Nivel sonoro en *dB(A)* de diversos tipos de vehículos

Tipo de vehículo	Plena aceleración 3000 rpm.	Velocidad constante
Ciclomotores	70,4	68,3
Trans. Liviano	78,1	63,8
Trans. Pesado	85,5	76,5

1.3.1.3 Industria, construcción y servicios

El ruido procedente de actividades industriales, de construcción y servicios afectan a zonas mucho más concretas, teniendo un área de influencia perfectamente determinado en cada caso.

Las fuentes de ruido de tipo industrial tienen una radiación circular o de otro tipo mostrando directa dependencia con las características de la fuente, esto hace que los niveles varíen ampliamente, siendo esta variedad la característica principal para la dificultad en su predicción.

1.3.1.4 Actividades lúdicas

Al igual que los servicios son fuentes de ruido puntuales y pueden ser estudiados como eventos únicos, estos abarcan actividades relacionadas al entretenimiento, así como también, actividades públicas y espectáculos al aire libre.

1.3.1.5 Ruido comunitario

El nivel de ruido comunitario no está asociado a ninguna fuente de ruido en particular. Este puede ser relacionado con las características socio-económicas y la densidad poblacional " dp " asociada a cada sector. Este es considerado como el ruido de fondo urbano, aunque en cualquier caso este es enmascarado por los anteriormente detallados.

Para ciudades con una alta densidad poblacional, se puede aproximar este nivel a:

$$L = 10 \log dp + 16 \text{ dB}(A). \quad (\text{Ecuación 5})$$

Por otro lado, para ciudades de baja densidad poblacional se aproxima a:

$$L = 9 \log dp + 22 \text{ dB}(A). \quad (\text{Ecuación 6})$$

1.3.2 Factores que influyen en la propagación

Para el estudio de la propagación del sonido en zonas urbanas existe una diversidad de factores que interactúan con la fuente, de ahí la necesidad de conocer y tener en cuenta dichos aspectos para su posterior tratamiento.

1.3.2.1 Divergencia de las ondas sonoras

Este hace referencia al decrecimiento de la energía acústica producida por la fuente según su naturaleza, ya sea esta puntual o lineal. Para una fuente puntual como un vehículo aislado, el nivel decrece cada duplicación de la distancia en 6 dB , mientras que para una fuente lineal, como una vía de circulación de tráfico rodado, decaerá en 3 dB cada duplicación de distancia.

1.3.2.2 Absorción atmosférica

Para que el sonido sea afectado por este aspecto, se debe tomar en cuenta la frecuencia de este, la humedad relativa del aire y la temperatura ambiente. Esto afecta en mayor cantidad a altas frecuencias y en especial a baja temperatura y humedad relativa.

1.3.2.3 Acción del viento y la temperatura

La acción de la temperatura afecta directamente a la velocidad de propagación del sonido, provocando que el medio por el cual se propaga la onda aumente o disminuya en su densidad. Por otro lado, la acción del viento sobre la propagación del sonido se puede comparar a la acción de la disminución en la temperatura, haciendo que aparezca una zona de sombra al lado en el cual este sopla.

El reforzamiento del sonido producido por el viento es significativo, llegando a valores de 20 - 30 *dB/Km*, para velocidades entre 10 - 20 *km/h*.

1.3.2.4 Atenuación causada por obstáculos naturales

Los obstáculos naturales se encuentran formados por las características físicas del terreno y todo tipo de vegetación que se puede encontrar dentro de este. En consecuencia, las ondas sonoras se ven afectadas en su propagación por reflexiones producidas a lo largo de su trayectoria, para terrenos compactos la atenuación aportada será nula para distancias inferiores a 100 *m*.

No obstante, si el terreno presenta cierto material de tipo poroso, se encuentra recubierto de césped o algún tipo de vegetación uniforme, la atenuación puede llegar a ser apreciable sobre todo en frecuencias altas, mientras que, la interferencia entre el sonido directo y el reflejado, puede llegar a aportar una atenuación en frecuencias bajas (300-600 *Hz*) de hasta 50 *dB* en puntos situados a una distancia de 250 *m* de la fuente si el terreno no presenta ningún tipo de recubrimiento.

1.3.2.5 Atenuación causada por obstáculos artificiales

El efecto de las edificaciones próximas a la fuente es el factor más importante en la posible atenuación que se puede aportar a la propagación del sonido en zonas urbanas, llegando a 13 *dB(A)* en el primer bloque y 6 *dB(A)* en un segundo. En general, la atenuación no depende de la distancia entre la fuente-edificación y edificación-receptor.

Cabe mencionar también, la existencia de dos efectos que se originan por la presencia de dichas edificaciones, los efectos producidos por la existencia de

edificaciones a ambos lados de la fuente sonora (efecto cañón urbano), además del producido en las cercanías de las fachadas (efecto fachada), constituyen un incremento hasta 10 $dB(A)$ y 3 $dB(A)$ respectivamente.

1.4 Efectos del ruido sobre el ser humano

El ruido es un fenómeno acústico audible que es percibido por un sistema específico (sistema auditivo) en humanos, el cual pueda afectar negativamente a la población expuesta al mismo. Los efectos del ruido se pueden apreciar tanto fisiológicamente como psicológicamente (molestia y perturbación del bienestar).

1.4.1 Funcionamiento del oído humano

El oído humano, al igual que el de todos los mamíferos, está formado por tres partes bien diferenciadas, denominadas respectivamente oído externo, oído medio (encargados de la toma de datos) y oído interno (órgano de conversión analógica-digital); estas tres partes, son las encargadas de un proceso acústico, mecánico y eléctrico. La energía sonora incidente sobre el pabellón auditivo penetra por el canal y pone en vibración al tímpano (membrana muy fina, fibrosa, elástica y semitransparente). Dicha vibración es transmitida a través de una cadena de huesecillos denominados martillo, yunque y estribo (actúan como adaptadores de impedancia) hasta el oído interno. Por último, las vibraciones sonoras son transformadas en excitaciones nerviosas las cuales llegan a la corteza cerebral.

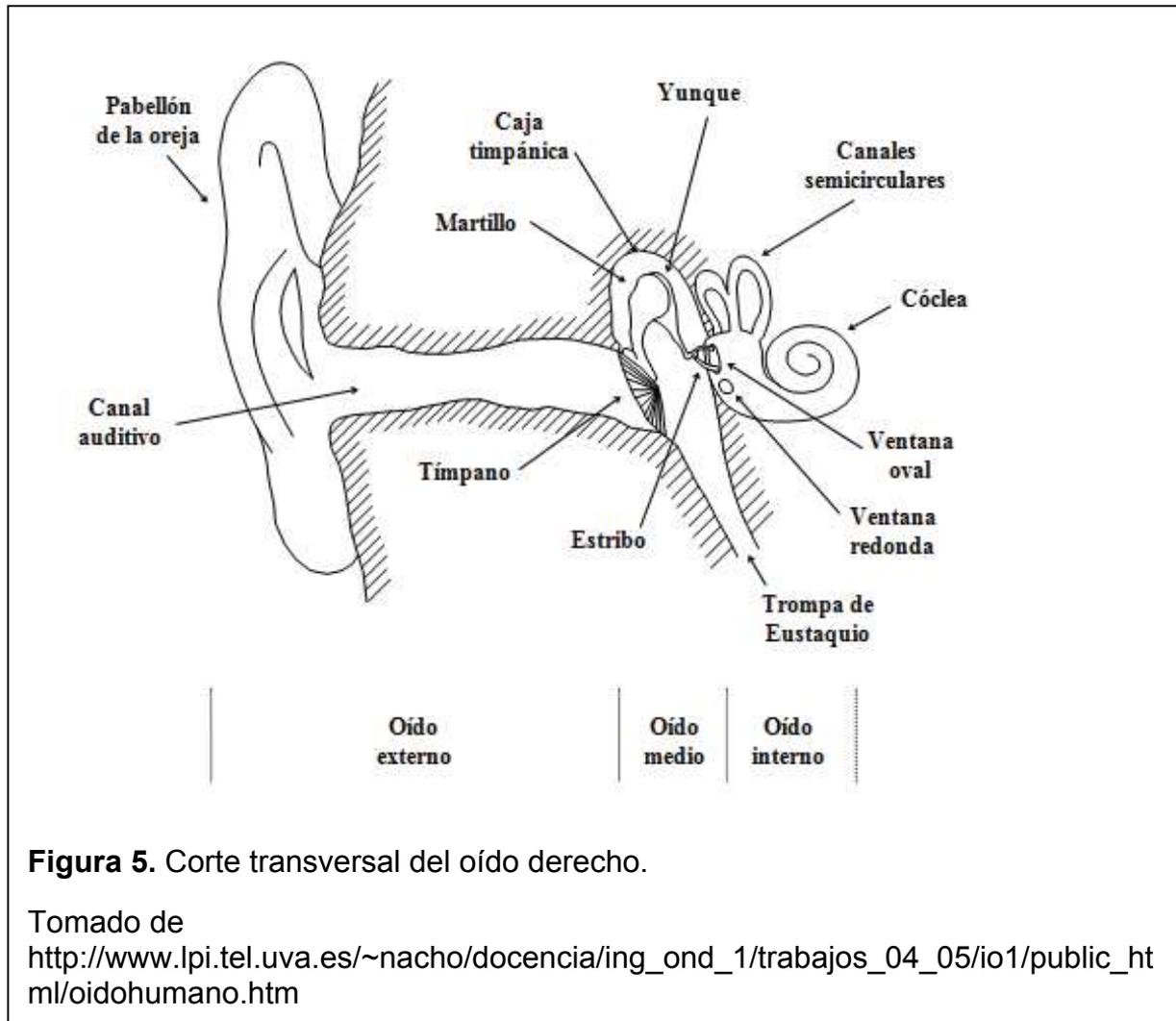


Figura 5. Corte transversal del oído derecho.

Tomado de

http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io1/public_html/oidohumano.htm

1.4.2 Percepción psicoacústica

Forma en la cual el cerebro logra distinguir la información recibida, es decir la forma en la cual es capaz de analizar los sonidos en tonalidad, sonoridad e intensidad.

Un sonido se caracteriza por la frecuencia y amplitud de las variaciones de presión sonora, esto corresponde a dos sensaciones distintas. La tonalidad, que permite al ser humano distinguir entre sonidos agudos (alta frecuencia) y graves (baja frecuencia), es decir, entre más alta sea la tonalidad más alta será la frecuencia percibida.

Por otro lado, la sonoridad es relacionada con la amplitud, aunque debido a la no linealidad del sistema auditivo humano existe una correlación entre sonoridad y tonalidad. Nuestro oído es más sensible en las frecuencias

comprendidas entre 500 *Hz.* a 5 *kHz*, mientras que en los extremos correspondiente a estas bandas necesitaremos mayor amplitud en función de la frecuencia para que sea posible su percepción.

El timbre en cambio hace mención a una cualidad compleja del sonido, el cual tiene dependencia directa con la sonoridad de la fuente, las frecuencias que reproduce y sus armónicos. El timbre da la característica sonora a la fuente emisora.

La localización sonora hace referencia también a la percepción sonora, es decir la orientación de los objetos en el espacio por la proveniencia de la fuente sonora.

1.4.3 Límites y umbral de la audición

Como se ha citado anteriormente, la sonoridad depende de la frecuencia para ser percibida, de forma que para distintas frecuencias se va aumentando la presión del sonido hasta su percepción. Se debe destacar también que los seres humanos poseen un rango limitado de audición, este rango está comprendido entre los 20 *Hz.* a 20 *kHz*, estos límites se verán alterados conforme al desgaste existente de la audición.

Las curvas isofónicas desarrolladas por los investigadores Robinson & Dadson relacionan la sonoridad y la frecuencia, mostrando la intensidad a la que debe estar cada banda de frecuencia para que pueda ser percibida por el oído humano.

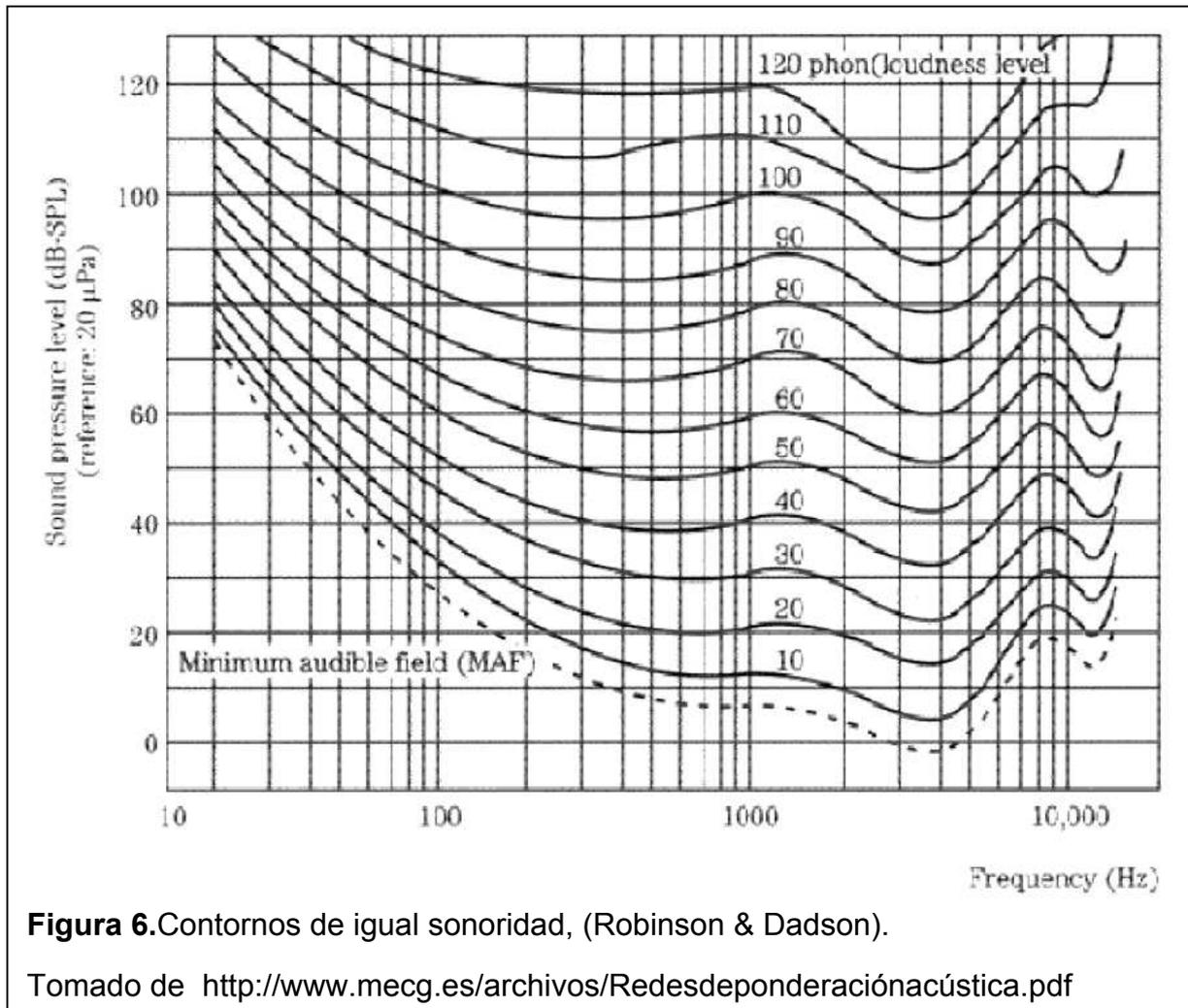


Figura 6. Contornos de igual sonoridad, (Robinson & Dadson).

Tomado de <http://www.mecg.es/archivos/Redesdeponderaciónacústica.pdf>

1.4.4 Efectos no clínicos

El primer efecto producido sobre el ser humano es la molestia, uno de los efectos más notorios es la interferencia en la palabra, creando una dificultad en la comprensión del mensaje en la comunicación oral. Esto provoca que las personas exijan sus cuerdas vocales al elevar la voz.

En relación con la eficiencia en el trabajo, es notorio una disminución ante ruidos repentinos e inusuales, pero conforme este se torna repetitivo, el individuo expuesto se acostumbra y recupera su eficiencia.

1.4.5 Efectos clínicos no auditivos

Se enumeran un sin número de efectos clínicos (efectos que se muestran a través de síntomas o patologías). Entre ellos puede citarse a la perturbación y afecciones del sueño, afecciones psicofisiológicas como estrés, hipertensión

arterial que puede desembocar en posibles taquicardias y efectos cardiovasculares.

1.4.5.1 Problemas cardiacos y cardiovasculares

En nuestro país las enfermedades cardiovasculares, actualmente ocupan uno de los principales lugares entre las causas de mortalidad. Si bien es cierto que existen estadísticas reales sobre este tema, no se ha realizado estudios específicos sobre la incidencia del ruido referente a la tasa de mortalidad por este factor. La incidencia de infarto agudo de miocardio podría ser cercana a las 4000 personas por año, según cifras obtenidas por el Hospital Metropolitano.

El estrés es un de determinante para la mayor incidencia de infartos; según la teoría manejada por el Dr. Wolfgang Babisch, integrante de la comisión internacional sobre los efectos biológicos del ruido (ICBEN), produciendo alteraciones en el sistema nervioso simpático y el endócrino con exposiciones a largo plazo al ruido ambiental.

1.4.5.2 Perturbación y afecciones del sueño

El cuerpo dormido responde aun a estímulos provenientes del entorno, aunque este dependa mucho de varios factores, tales como el tipo de ruido, frecuencia, amplitud e intervalo de tiempo entre repeticiones. Los efectos de la perturbación del sueño pueden ser inmediatos o secundarios.

Los efectos inmediatos pueden ser cuantificables por el número de despertares nocturnos, cambios y modificaciones en sus ciclos y el número de etapas (cliclo REM y No REM); niveles de ruido pico entre 45 dB y 55 dB pueden considerarse como factores de modificación en la calidad del sueño. Además, los efectos secundarios pueden observarse en el cansancio marcado, estado de vigilancia bajo, una reducción del rendimiento durante el día, estrés, deterioro del comportamiento, entre otros.

1.4.6 Efectos auditivos

Los primeros estudios realizados de efectos producidos por el ruido sobre el ser humano fueron los producidos sobre la audición. La consecuencia más

notoria por la exposición prolongada a ruidos no tan intensos es la pérdida auditiva, conocida también como hipoacusia. Debemos también destacar que la pérdida auditiva va en función de la edad, a esto lo denominamos presbiacusia.

1.4.6.1 Desplazamiento temporal y permanente del umbral auditivo

Este dependerá absolutamente del periodo de exposición al ruido producido y el nivel de este. Se considera un desplazamiento temporal, cuando una persona es sometida por un periodo corto de tiempo a niveles de ruido intensos, entre 80 *dB* y 90 *dB*, el cual desaparecerá luego de pocas horas de descanso; si bien este efecto es reversible, la exposición reiterada y continua, al mediano plazo terminará por ocasionar desplazamientos permanentes.

1.4.6.2 Trauma acústico agudo

Se entiende como trauma acústico al daño producido por la exposición a ruidos de carácter impulsivo y de gran intensidad como son explosiones o detonaciones por armas de fuego. El ruido es traumatizante para la cóclea a partir de los 90 *dB* y se asegura una lesión irreversible a niveles superiores a 140 *dB*, mientras más corto sea el intervalo de tiempo y el número de repeticiones de los impulsos aumente en la exposición, es mucho más susceptible el daño coclear a provocarse.

1.5 Valoración del ruido

Para poder realizar evaluación de ruido ambiental es necesario poderlo cuantificar. A continuación, se mostrará los principales criterios y escalas para su valoración.

1.5.1 Nivel de presión sonora L_p

Como el nivel de presión sonora al que responde la audición humana es amplio fue necesario transformarlo de la escala lineal a la escala logarítmica. Donde 0 *dB* representa la mínima presión audible $2 \times 10^{-5} Pa$ a una frecuencia de referencia de 1 *kHz* y el umbral de dolor 120 *dB* que representa 20 *Pa*.

La presión sonora se encuentra definida como:

$$L_p = 10 \log \frac{p^2(t)}{p_0^2} [dB] \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

$P(t)$ =presión acústica instantánea.

P_0^2 =presión de referencia ($2 \times 10^{-5} N/m^2$).

1.5.2 Nivel de presión sonora continuo equivalente L_{eq}

Para la poder realizar una valoración del daño auditivo producido por el ruido, no solo se depende del nivel sino también de la duración de este. Para ello, es posible obtener un valor único L_{eq} , que es el nivel sonoro medio integrado durante un periodo de tiempo específico. Se encuentra definido por:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt [dB] \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

T = tiempo de integración.

$P(t)$ =presión acústica instantánea.

P_0^2 =presión de referencia ($2 \times 10^{-5} N/m^2$).

1.5.3 Nivel de presión sonora pico

Es el valor absoluto máximo de la presión sonora instantánea.

Normalmente el dispositivo de medición limita la duración mínima del pico de ruido medido.

1.5.4 Nivel de presión sonora máximo y mínimo $L_{m\acute{a}x}$, $L_{m\acute{i}n}$

Mayor y menor nivel de presión sonora respectivamente, medidos dentro de un intervalo de tiempo determinado.

1.5.5 Nivel de exposición sonora SEL

Es usado para eventos transitorios, está definido por el L_{eq} pero con un tiempo de integración de 1 s. Para los niveles de exposición sonora se debe anotar la naturaleza del suceso.

1.5.6 Distribución estadística en el tiempo L_n

Proporciona información valiosa en términos porcentuales. El histograma muestra el porcentaje de tiempo total de exposición. El nivel L_n representa el valor por encima del cual, los demás niveles permanecen n% del tiempo total de medición. L_{90} , L_{10} y L_{50} son los valores usualmente utilizados; L_{10} es utilizado para estudios de ruido ambiental.

1.5.7 Nivel de contaminación acústica L_{np}

Arroja información tanto de la energía producida por el ruido L_{eq} , como de su fluctuación. Se define de dos maneras distintas, si la distribución de la medición es de tipo gaussiana:

$$L_{np} = L_{eq} + L_{10} - L_{90} \text{ (dB)} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Mientras que para los demás casos se puede expresar como:

$$L_{np} = L_{eq} - K\sigma \text{ (dB)} \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde:

K =constante experimental, fijada en 2,56.

σ =desviación estándar de la serie de niveles obtenidos durante el periodo de medición

1.5.8 Nivel promedio día-noche L_{dn}

Nivel sonoro integrado en un periodo diario completo, es decir durante un intervalo de tiempo de 24 h. Este nivel penaliza con 10 dB al nivel promedio nocturno, comprendido entre las 22 h a 7 h.

$$L_{dn} = 10 \log \frac{1}{24} \left| \frac{\int_0^{22} P_A^2(t) dt + 10 \int_{22}^{24} P_A^2(t) dt}{P_{ref}^2} \right| \text{ [dB(A)]} \quad \text{(Ecuación 11)}$$

1.6 Instrumentación de medición

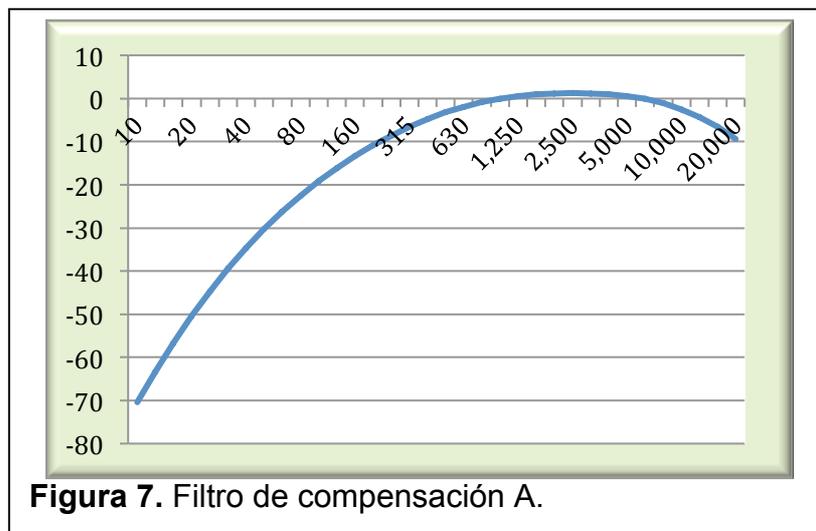
La evaluación más completa de un fenómeno sonoro contempla un análisis de la amplitud en función de la frecuencia y del tiempo. Dentro del aspecto de la frecuencia, podemos manipular la señal intercalando varios filtros entre la señal

detectada inicialmente por el micrófono y la entregada por el instrumento de medición. Mientras que, el aspecto temporal lo podemos evaluar, por medio de la respuesta temporal del instrumento.

1.6.1 Filtro de compensación A

El filtro "A" es una curva que simula la respuesta del oído humano en determinadas condiciones. Una vez que el nivel de presión sonora de un ruido es medido como magnitud física, el filtro "A" corrige cada banda del espectro medido de acuerdo a la respuesta en frecuencia del oído humano. Siendo la respuesta auditiva humana poco sensible en frecuencias muy bajas ó muy altas, pero más sensible en la banda de 2 *KHz* a 5 *KHz*. El filtro de compensación "A" simplemente realiza un proceso de suma y resta de decibeles a los niveles sonoros medidos, según cual sea su banda de frecuencia.

El filtro "A" se aproxima a la curva de igual sonoridad para bajos niveles de presión sonora y al inverso de la curva de 40 fonos, esta se relaciona muy bien con el daño auditivo experimentado por las personas en situaciones de trabajo industrial.



1.6.2 Respuesta Temporal

En la respuesta temporal interviene un tiempo de integración " T ", en el cual el dispositivo de medición tomará muestras del ruido producido por la fuente, notando una directa dependencia con el tipo de ruido producido. Por ello tenemos tres tipos de respuesta temporal, slow, fast e impulsive. Mientras mayor sea el tiempo de integración, menor será la precisión del resultado arrojado por el dispositivo de medición.

Dentro de la respuesta temporal slow, tendremos un tiempo de integración aproximado a 1 s. Este tipo de respuesta es utilizada para la recolección de datos de fuentes de ruido con poca fluctuación, variación no mayor a 5 dB, es decir fuentes de ruido constantes.

En contraposición con el caso anterior, la respuesta temporal fast es utilizada en la mayoría de casos de control de ruido, presentando un uso para medición de fuentes de ruido de tipo fluctuante, siendo su tiempo de integración casi igual a 0,125 s. Con este tipo de respuesta aseguramos una precisión en la medición realizada sobre todo en valores picos.

1.6.3 Micrófono de medición

El micrófono es la parte más importante en el sistema de medición, este es el encargado de transformar la presión sonora incidente en tensión eléctrica. Los micrófonos son fabricados en diámetros de 1", 1/2", 1/4" y 1/8"; aunque existen

diversos métodos de conversión, electromagnética, piezoeléctrica, electrostática.

Los micrófonos de medición usualmente son de condensador (también llamado capacitivo). Presentan una mayor precisión en la recolección de datos por su alta sensibilidad, respuesta de frecuencia aproximadamente plana y relativo bajo nivel de ruido interno.

Dependiendo del campo sonoro a ser medido los micrófonos pueden también ser clasificados. Dentro de esta clasificación tenemos los micrófonos de incidencia aleatoria, presentan características omnidireccionales debido a la incidencia aleatoria del ruido provocado por la fuente, en este caso podemos mencionar características de campo difuso en cámaras reverberantes. También podemos denotar a los micrófonos de campo libre, los cuales son utilizados para mediciones externas presentando una mayor sensibilidad en el eje axial. Por último tenemos los micrófonos de presión, diseñados para responder en la dirección tangencial de su membrana, debiendo orientárselos en un ángulo de 90° en dirección de la propagación de la onda.

1.6.4 Medidor de nivel de presión sonora

Este tipo de dispositivos reciben el nombre de sonómetros, por su fácil manejo y transporte son utilizados en mediciones *in situ*.

Según la norma IEC 61672-1 existen categorías de instrumentos de medición; clase 1 y clase 2. En general, tienen los mismos objetivos en su desempeño y funcionamiento principal, su diferencia radica en los límites de tolerancia y gama de temperatura para su funcionamiento.

1.6.4.1 Calibración

La calibración del dispositivo de medición se la realiza a través de un calibrador electromecánico ó mejor conocido como pistófono. Generando un tono puro entre 200 y 1500 Hz, el cual debe mantener un nivel estable entre 90 y 125 dB, con una variación de $\pm 0,2$ dB.

1.7 Evaluación ambiental.

Consiste en conocer ó predecir la repercusión que tendrá una actividad en las personas como usuarios de los espacios urbanos y de las edificaciones. El tratamiento dependerá de la situación, es decir, si esta es consolidada o para su implantación.

Interesa entonces conocer los niveles sonoros producidos, así como también su variación en las inmediaciones cercanas a la fuente. Para esto, conocer la distribución espacial y temporal de los niveles sonoros producidos es importante para una correcta planificación urbana, los mapas de ruido son una herramienta útil para este fin.

1.7.1 Mapa de ruido

Un mapa de ruido es un esbozo de la situación de ruido actual del área de estudio, este esbozo representará los niveles en $dB(A)$ de las diversas fuentes de ruido del sitio. Existen varios métodos para la ubicación de los puntos de medición estos son:

- Método de la cuadrícula.
- Método de vías de tráfico.
- Método de zonas específicas.
- Método aleatorio.
- Método por medios predictivos.

Según la norma ISO 1996-2 recomienda que, la variación en $dB(A)$ entre puntos de medición adyacentes no debe ser mayor a 5 dB para lograr una mayor exactitud en la gráfica. Además, la altura de micrófono debe ser $4 \pm 0,5$ m para áreas residenciales con edificios de varios pisos, para áreas con edificaciones de un piso y para zonas recreativas, recomienda una altura de $1,5 \pm 0,1$ m .

1.7.2 Evaluación de ruido de tráfico rodado

Para la evaluación deberemos añadir correcciones como la velocidad, el tráfico horario, la distancia, influencia de barreras, longitud de las calzadas,

reflexiones en las edificaciones, etc. El proceso de cálculo se puede estructurar de la siguiente manera.

1.7.2.1 Estimación de tráfico horario q

El tráfico medio horario q , viene definido por intensidad de circulación media diaria IMD , que es el número de vehículos que circulan en un intervalo completo de una hora. Este debe ser medido para horario diurno y nocturno.

$$q = \frac{0,9 \cdot IMD}{H} \text{ Para el día} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$q = \frac{0,1 \cdot IMD}{H} \text{ Para la noche} \quad (\text{Ecuación 13})$$

De igual manera debe valorarse el porcentaje de vehículos pesados P_p , para condiciones de tráfico urbano puede considerarse la misma velocidad de vehículos ligeros para el caso de vehículos pesados.

$$q_{\text{ligeros}} = \frac{100 - P_p}{100} q \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$q_{\text{pesados}} = \frac{P_p}{100} q \quad (\text{Ecuación 15})$$

1.7.2.2 Nivel de referencia a 10m, L_{eq10}

Nivel constante, el cual viene dada por el ruido de tráfico que producen 1000 vehículos ligeros a una distancia de 10 m del eje de la calzada y una velocidad de 50 Km/h, su valor es de 68 dB(A).

1.7.2.3 Nivel equivalente de ruido de tráfico a 10m, $L1_{eq10}$

La evaluación teórica del ruido de tráfico viene dada por:

$$L1_{eq10} = L_{eq10} + \Delta L_{vp} + \Delta L_v + \Delta L_N \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

ΔL_{vp} = corrección por velocidad de transporte pesado, para valores:

- $v=50\text{Km/h}$ se toma $v=50\text{Km/h}$, caso contrario.

$$\Delta L_{vp} = 10 \log \left| 1 - 0,01 P_p + 5 \frac{v^2}{v} \right| \text{ para } v \leq 90 \text{ Km/h} \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$\Delta Lvp = 10 \log \left| 1 - 0,01Pp + 0,056Pp \frac{90^3}{v^3} \right| \text{ para } v > 90 \text{ Km/h} \quad (\text{Ecuación 18})$$

- si, $v=100 \text{ Km/h}$ se toma $v=100 \text{ Km/h}$.

ΔLv = corrección por velocidad ($v=100 \text{ Km/h} \leq v \leq v=100 \text{ Km/h}$).

$$\Delta Lv = 30 \log \frac{v}{30} \quad (\text{Ecuación 19})$$

ΔLN = corrección por número de vehículos.

$$\Delta LN = 10 \log \frac{N}{1000} \quad (\text{Ecuación 20})$$

2 Descripción de la metodología para el estudio de campo

2.1 Metodología para la medición

Para realizar mediciones tomamos en cuenta las directrices proporcionadas por las normas ISO 1996-1, ISO 1996-2 e IEC 6094-2, las cuales permitirán establecer un procedimiento de trabajo correcto.

2.1.1 Instrumentación a utilizar

La instrumentación a utilizar es básicamente la dotada por la coordinación de la carrera de Ing. en Sonido y Acústica de la Universidad de las Américas, correspondiente a un sonómetro clase 2 marca SOLO 01dB.



Inmediatamente antes de cada serie de mediciones, se aplicará un calibrador acústico al equipo de medición para comprobar la calibración del sistema. Para este caso en particular al comenzar cada intervalo de medición se efectuó una debida calibración (94 dB. @1kHz.).

2.1.2 Determinación y ubicación de los puntos de medición

Para determinar puntos de medición se observó el flujo vehicular existente en cada una de las avenidas dentro del área de estudio, debido a que esta es la fuente de ruido más prominente, se tomo en consideración que la velocidad producida por el motor sea constante, es decir evitando colocar en proximidades a intersecciones, semáforos y pasos peatonales.

Además, se considera obtener condiciones semejantes a las de campo libre, de tal forma el equipo de medición se procedió a ubicar en las proximidades a la fuente, procurando que este siempre se encuentre a 3 m del borde de la acera, con una altura de 1,4 m con respecto al suelo y alejada de posibles superficies reflectantes.

2.1.3 Tiempos de medición

Dentro del entorno de ruido las condiciones de funcionamiento deben ser estadísticamente representativas. Para lograr una estimación fiable del nivel de presión sonora continuo equivalente así como su máximo, el intervalo temporal de medición debe cubrir todas las variaciones significativas en la medición y propagación del ruido. Además, si no se consigue realizar mediciones continuas los intervalos se deben seleccionar para que representen una parte del ciclo, de tal manera, que juntos representarán un ciclo completo.

2.1.4 Actividades simultáneas a la medición

Para realizar la una acertada cuantificación del nivel de ruido producido por el tráfico rodado debemos contar el número de vehículos que transiten durante el intervalo de medición, distinguiéndose entre al menos dos categorías de vehículos, "pesados" y "livianos". Conjuntamente, para determinar si las condiciones de tráfico son significativas, se debe diferenciar la velocidad media de tráfico.

2.2 Metodología para la encuesta

Con el objeto de conocer la valoración subjetiva de los ciudadanos del área de estudio y como han afectado los niveles de ruido a los que se ven sometidos en su vida cotidiana, se procede a realizar una encuesta específica. Considerando:

- Variables de identificación y clasificación (género, edad, entre otros).
- Preguntas abiertas y de respuestas breves.
- Agrupar las preguntas por temáticas e interés.
- Introducir una presentación que especifique el objetivo de la investigación.

2.2.1 Muestreo probabilístico

Este tipo de muestreo se basa en el principio de la equiprobabilidad, es decir cada individuo tiene la misma posibilidad de ser seleccionado dentro de la muestra. Con ello, aseguramos una representatividad de la muestra extraída y, por lo tanto, son los más recomendables. Dentro del muestreo probabilístico encontramos los siguientes tipos:

- Muestreo aleatorio simple.
- Muestreo aleatorio sistemático.
- Muestreo aleatorio estratificado.
- Muestreo por conglomerados.

Para el desarrollo del estudio en cuestión se decidió recurrir al muestreo por conglomerados.

2.2.1.1 Muestreo por conglomerados

Procedimiento mediante el cual el investigador selecciona cierto sector de la ciudad, para luego elegir calles y edificios. Para obtener una muestra por conglomerados, primero la población debe estar dividida en grupos convenientes para el muestreo. Bajo este método, no todos los grupos presentan la posibilidad de ser muestreados, aunque tienen la posibilidad de ser seleccionados. Este tipo de muestreo es muy eficiente cuando la población es muy grande y dispersa.

2.2.2 Técnicas de muestreo

La investigación realizada por encuesta debe traducir las variables sobre las que se desea obtener la información en preguntas concretas. Las técnicas asociadas a este tipo de investigación son:

- El cuestionario.
- La entrevista.

Siendo, el cuestionario el procedimiento por el cual se recopilará la información suministrada por el sujeto en investigación.

Para definir la encuesta se toma las siguientes fases:

1. Definición de los objetivos del cuestionario.
2. Planificación del cuestionario, diferenciando sus apartados.
3. Elaboración y selección de las preguntas.
4. Análisis de las respuestas.
5. Análisis de la fiabilidad y validez del cuestionario.
6. Redacción final de la encuesta.

2.2.3 Tipos de encuesta

Al implicar la participación directa del entrevistador, que es quien plantea las preguntas a los sujetos, seleccionamos a la entrevista personal para el tratamiento de la investigación.

2.2.4 Definición de la población

Conjunto de individuos, objetos, eventos, entre otros, en los que se desea estudiar un fenómeno determinado, bajo este contexto existen dos tipos de población, "finita" e "infinita". Refiriéndose al estudio en cuestión se manejará el concepto de población finita, según datos obtenidos mediante el INEC (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos), la población que se concentra en el área de estudio bordea los 40.870 habitantes.

2.2.4.1 Definición del tamaño muestral

Para que la muestra sea representativa debe cumplir los siguientes aspectos:

- Error o margen de imprecisión.
- Nivel de confianza.

Tabla 2. Cálculo de la muestra, nivel de confianza y margen de error

Matriz de Tamaños muestrales para una población de 40870										
Nivel de Confianza	Error máximo de estimación									
	10,0%	9,0%	8,0%	7,0%	6,0%	5,0%	4,0%	3,0%	2,0%	1,0%
90%	67	83	105	137	186	267	416	734	1.615	5.774
95%	96	118	150	195	265	381	592	1.040	2.268	7.777
97%	117	145	183	239	324	466	723	1.267	2.745	9.140
99%	166	204	258	337	457	655	1.014	1.769	3.776	11.826

Tomado de <http://www.colombiamercadeo.com/documentos-de-aprendizaje/4-documentos-para-aprendizaje/50-calcule-su-muestra-gratuitamente.html>

Como mencionamos anteriormente el estudio se basa en una población finita, tomaremos como referencia para la elección muestral la proporcionada anteriormente. Con una probabilidad de ocurrencia del 0,5%, una confianza del 90% y un error de estimación del 8%, se realizaron 105 encuestas a la población dentro del área de interés.

3 Desarrollo

3.1 Estudio rápido del área afectada

El centro histórico de Quito, ubicado en el centro sur del Distrito Metropolitano, se convierte en uno de los puntos principales de la ciudad, con una extensión de más de 320 hectáreas y una población de 40.870 habitantes se convierte en uno de los más grandes de América. Para la investigación, centramos la atención en las principales plazas del sector, estas son: Plaza de la Independencia, Santo Domingo, 24 de Mayo, del Teatro y San Francisco, donde existen edificaciones del sector público y privadas destinadas a vivienda y comercio.

Factores como: El crecimiento del parque automotor estimado en 50.000 vehículos por año, la preferencia del uso del vehículo privado en quebranto de otros modos de transporte, y la concentración de la mayoría de los servicios públicos, banca, comercios en puntos específicos, han contribuido a que la congestión del tránsito, se transforme en un problema urbano. Según estudios realizados por la Secretaria de movilidad del Distrito Metropolitano, para los próximos años, en el 38% de las calles sólo se circulará a 10 *km/h*; adicionalmente, las emisiones provenientes del tráfico son la principal presión sobre la calidad del aire y el confort acústico en áreas urbanas.

3.2 Evaluación objetiva del ruido

Previo a las mediciones de ruido dentro de cada plaza, se procedió a percibir auditivamente los posibles focos contaminantes y, además, del registro de datos en cada área de estudio se realizó una evaluación particular a cada tipo de vehículo.

3.2.1 Definición de focos de molestia

Como lo mencionado anteriormente tomamos como referencia a la norma ISO 1996-2 para la evaluación. Para cada una de las plazas procuramos obtener muestras de un periodo completo, es decir un tiempo de medición comprendido por un lapso de 1 hora.

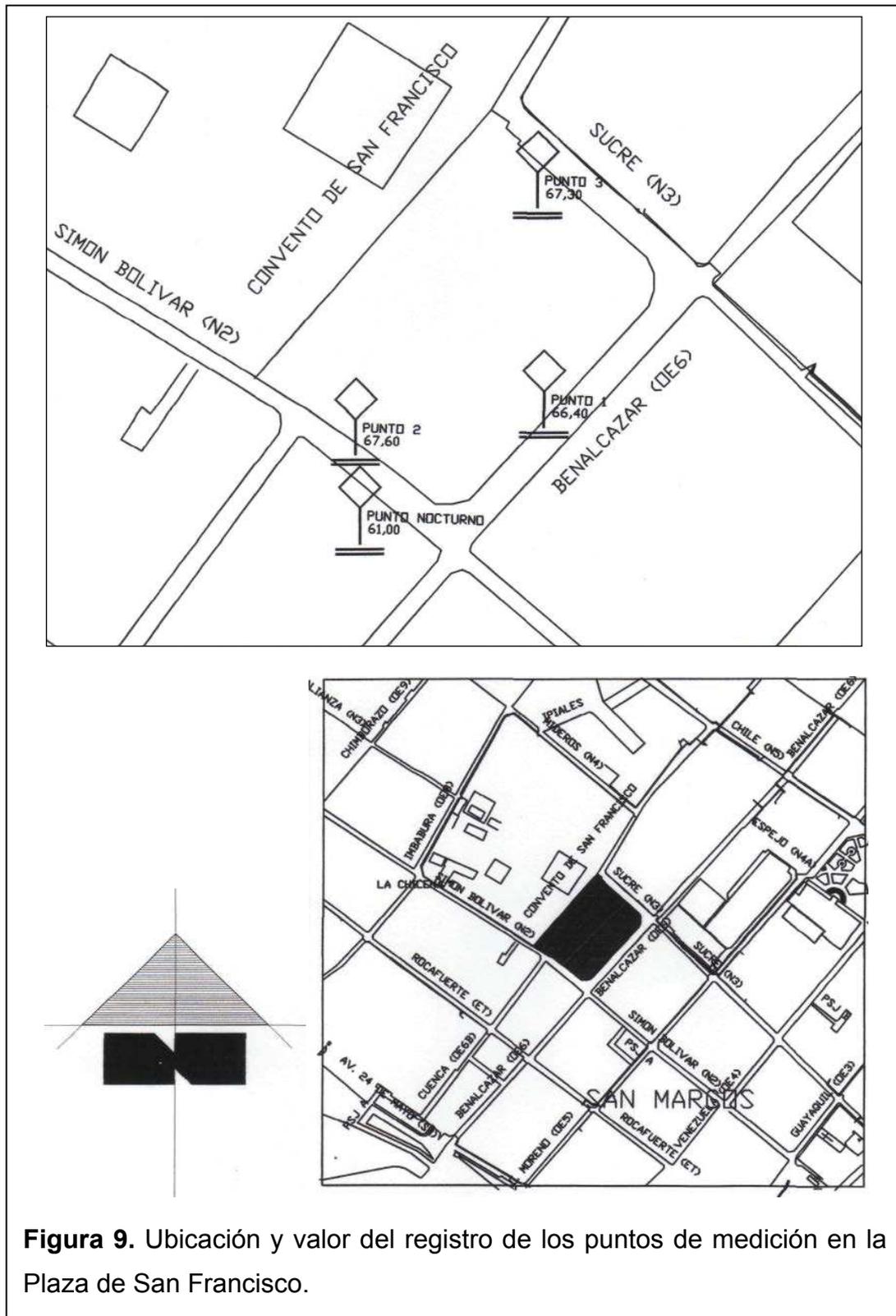
Puesto que dentro del distrito metropolitano se concentra la mayoría del parque automotor del país, el ruido producido por el tráfico rodado viene a ser considerado la principal fuente contaminante dentro del área de estudio.

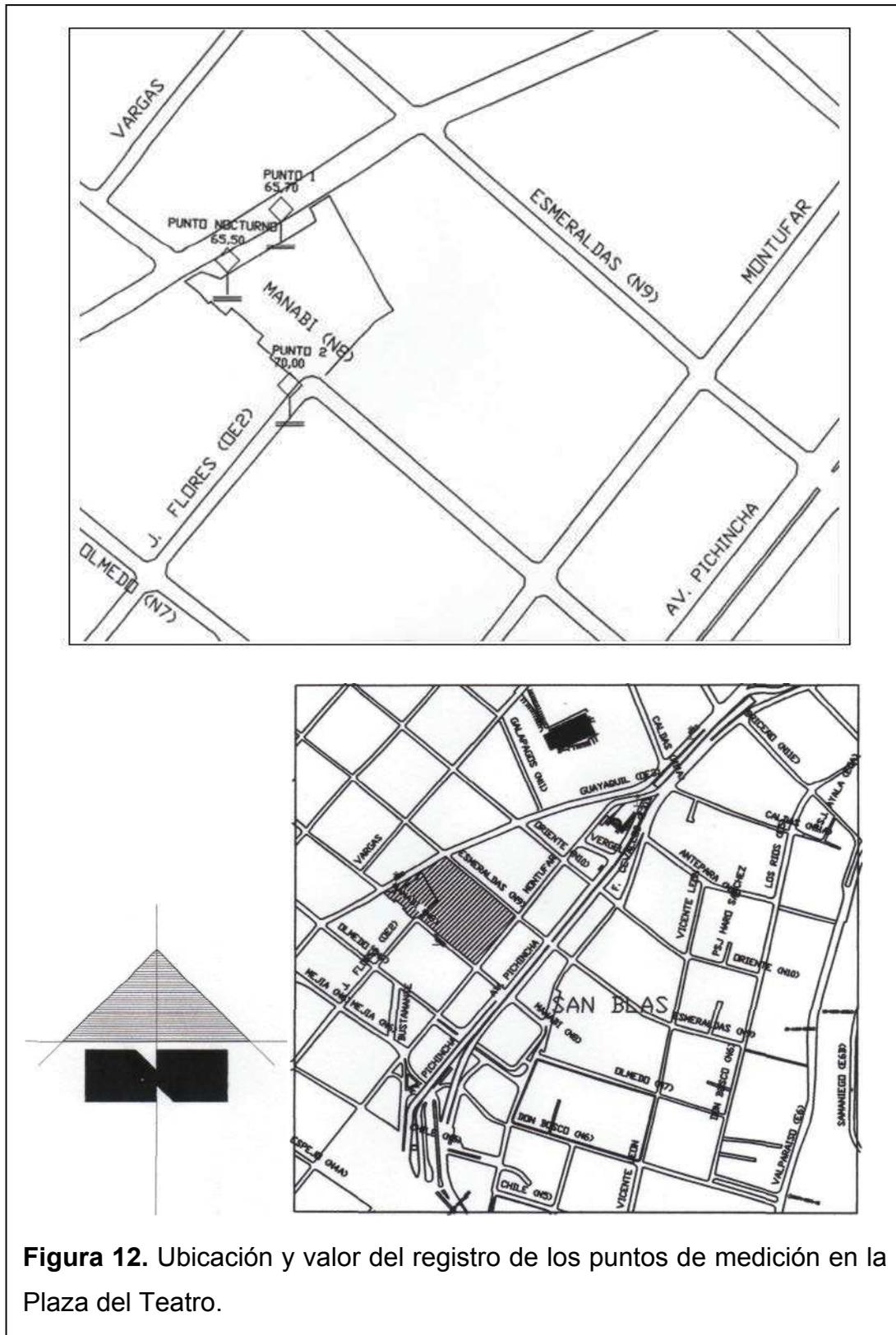
Pero en contraposición es cierto que se tiene características específicas que describen el ambiente sonoro presente, por ejemplo dentro de la plaza de San Francisco se puede percibir eventos transitorios como el producido por el tránsito de bandadas, repiques de campanas y un tráfico rodado absolutamente denso, en la plaza de Santo Domingo se evidenció la presencia de fuentes de ruido producido por construcción, debido a que en el momento de la medición se realizaban obras de reconstrucción en edificaciones coloniales contiguas. Como la plaza de la Independencia concentra edificaciones gubernamentales y de servicios es de esperar que el tráfico peatonal sea una fuente de ruido a considerarse además del producido por el parque automotor. Mientras que en la plaza del Teatro y 24 de Mayo presentan características similares en su entorno, siendo el tráfico rodado su principal fuente contaminante. Cabe mencionar que donde se percibe una mayor sensación de tranquilidad (silencio) fue dentro de la plaza 24 de Mayo, esto se lo puede atribuir a que en la mayor parte de sus inmediaciones solo existen edificaciones de uso habitacional.

3.2.2 Localización y horarios de la medición

Al determinar los posibles focos contaminantes se procedió a localizar geográficamente los puntos de medición teniendo en cuenta lo mencionado en el capítulo anterior y diferenciando los horarios diurnos y nocturnos.

El horario en las mediciones diurnas contempló el intervalo entre las 10 *a.m.* y las 3 *p.m.* debido a que su representatividad en la medición es la requerida. De igual forma fue considerado para la noche el horario comprendido entre las 10 *p.m.* y las 3 *a.m.*





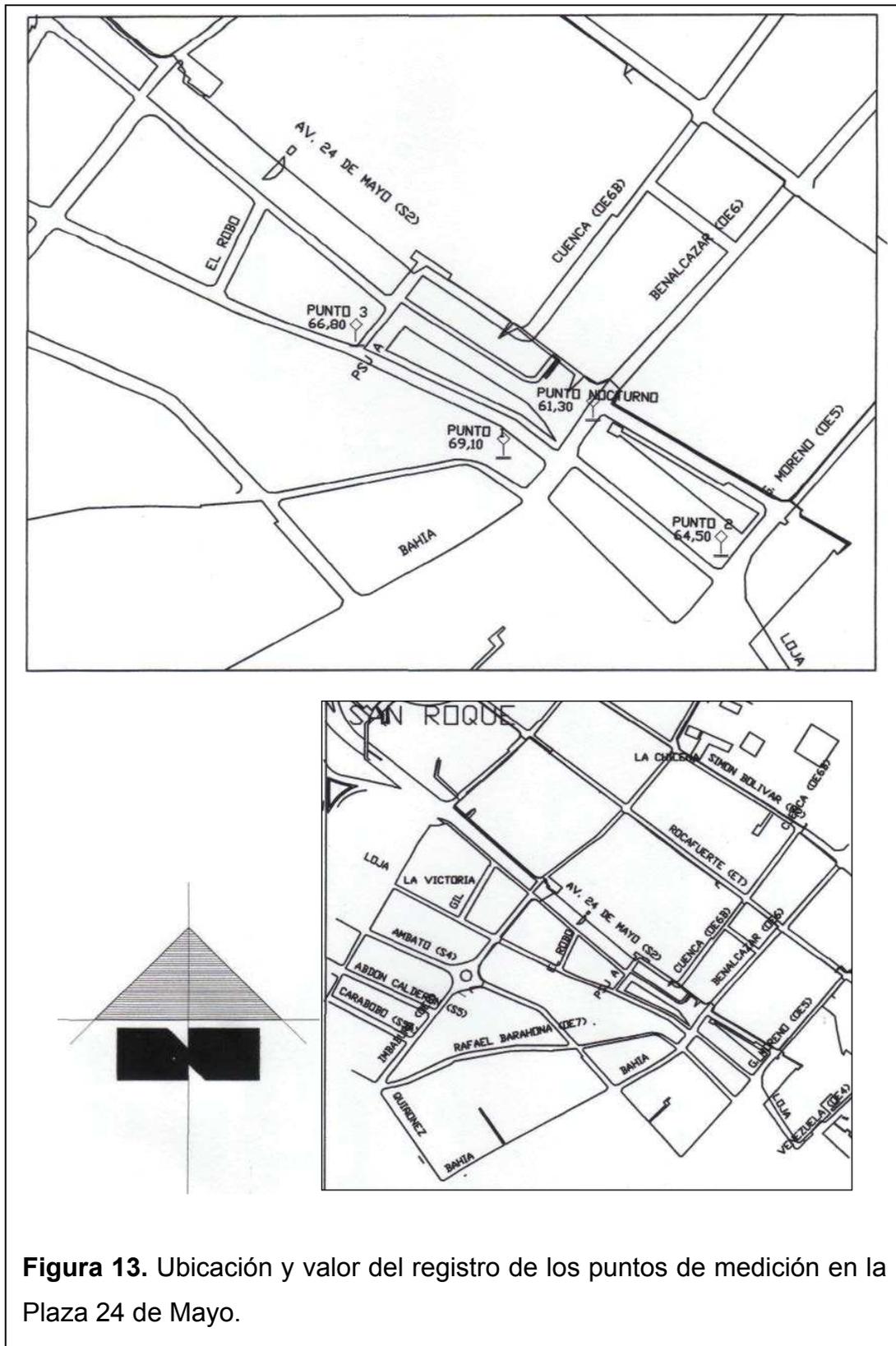


Figura 13. Ubicación y valor del registro de los puntos de medición en la Plaza 24 de Mayo.

3.2.3 Procesamiento de datos obtenidos

3.2.3.1 Registro de datos por fuente específica

Para la toma y registro de datos se identificó una vía con características similares a las del Centro Histórico; de la misma manera, para la toma y registro de datos del tráfico poblacional se procedió al registro en el sitio de estudio, pero seleccionando un horario de bajo tránsito vehicular.

Para clasificar los datos de cada fuente de tráfico rodado, se identifica a los vehículos entre livianos, pesados y ciclomotores.

Tabla 3. Nivel sonoro en $dB(A)$ identificando fuentes específicas de ruido

Fuente	Ruido de Fondo	Plena aceleración 3000 rpm	Velocidad constante
Ciclomotores	63,4	70,4	68,3
Trans. Liviano	63,4	78,1	73,8
Trans. Pesado	63,4	85,5	76,5
		Nivel obtenido	
Peatonal	58,9	60,75	

3.2.3.2 Datos teóricos

Utilizando las fórmulas propuestas en el capítulo uno y los datos obtenidos in situ, se procedió a efectuar el cálculo de ruido peatonal y del tráfico horario en el área de estudio.

Para el cálculo de la densidad poblacional, se ha tomado el dato de la población del centro histórico del último censo poblacional llevado a cabo en el 2010, que bordea los 40.870 habitantes, reflejando una alta densidad poblacional (12772 hab/Km^2), con este parámetro el resultado obtenido para el ruido peatonal es de $59.52 \text{ dB}(A)$.

Similar cálculo se realizó para determinar el nivel de ruido producido por el tráfico vehicular, para el cálculo se consideró el resultado del conteo manual

vehicular en un periodo determinado. Obteniendo un número "n" de vehículos que circulan por cada vía en las que se llevaron a cabo las mediciones.

Para realizar las tablas respectivas solo se hará mención a transporte liviano y pesado, ubicando a los ciclomotores en la categoría de livianos, esto se muestra de acuerdo a la norma ISO 1996-2. En donde se considera a vehículos pesados a aquellos automotores que sobrepasen los 3.500 kg. Las ecuaciones utilizadas están citadas en el apartado 1.7.2, el cual hace mención a la evaluación de ruido producida por el tráfico rodado.

Los resultados se tabulan en las tablas desde la 4 a la 8 para compararlos con los límites expresados en la resolución municipal 002 en su norma técnica, que distingue dos horarios, diurno comprendido entre las 6 hasta las 20 horas y nocturno comprendido entre las 20 hasta a las 6 horas.

- Plaza San Francisco

Tabla 4. Estimación de ruido y tráfico horario

	Horario	
	Diurno	Nocturno
IMD	334	IMD 56
q día	37,58	q noche 0,7
L1eq10	66,66	L1eq10 55,84

- Plaza Santo Domingo

Tabla 5. Estimación de ruido y tráfico horario.

	Horario		
	Diurno		Nocturno
IMD	698	IMD	380
q día	78,53	q noche	4,75
L1eq10	64,57	L1eq10	63,09

- Plaza Independencia

Tabla 6. Estimación de ruido y tráfico horario.

	Horario		
	Diurno		Nocturno
IMD	497	IMD	96
q día	55,86	q noche	1,2
L1eq10	68,05	L1eq10	57,1

- Plaza del Teatro

Tabla 7. Estimación de ruido y tráfico horario.

	Horario		
	Diurno		Nocturno
IMD	340	IMD	268
q día	38,25	q noche	3,35
L1eq10	68,26	L1eq10	61,68

- Plaza 24 de Mayo

Tabla 8. Estimación de ruido y tráfico horario.

	Horario		
	Diurno		Nocturno
IMD	340	IMD	136
q día	38,25	q noche	1,7
L1eq10	65,09	L1eq10	59,43

La plaza de Santo Domingo es la única en la que se utiliza el factor de corrección producida por la velocidad en contraste con el resto de sitios de estudio. Porque basándonos en la observación de campo, se evidencia un flujo vehicular demasiado denso en horarios diurnos, es decir la velocidad de circulación es despreciable para el análisis.

Para no perder ninguno de los datos registrados, se procedió a promediar los resultados obtenidos en horarios diurnos para obtener un nivel general de los sectores de estudio. Además se hará uso de una estimación para la incertidumbre en la medición utilizando los datos obtenidos en el conteo vehicular; es decir, solo se recurrirá al número total de vehículos obtenidos por sector de estudio.

Con los datos obtenidos en el estudio se procederá al análisis y conclusiones mas adelante.

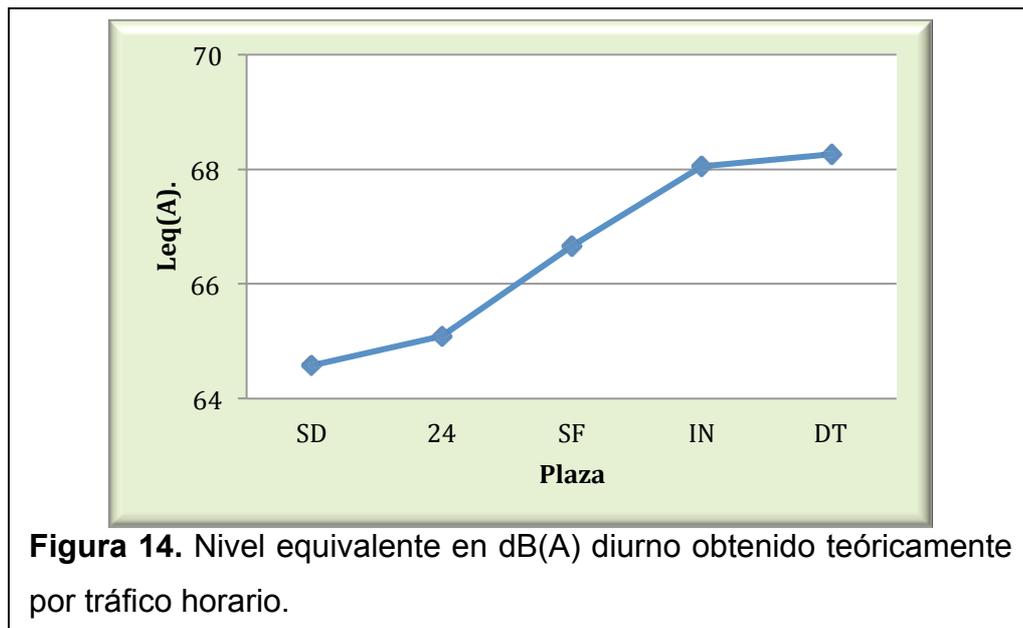
$$X = \frac{10}{\sqrt{6}} \text{ [dB.]}$$

(Ecuación

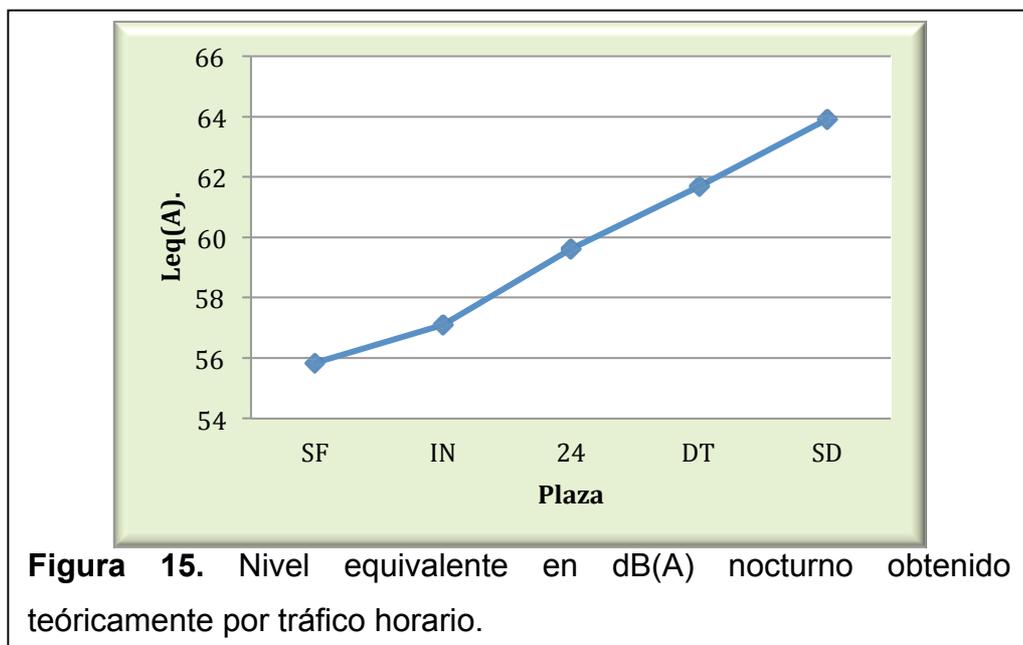
21)

Tabla 9. Incertidumbre de los datos teóricos obtenidos

	SF	SD	IN	DT	24
Diurno	0,55	0,38	0,45	0,54	0,54
Nocturno	1,34	0,51	1,02	0,61	0,86



La figura 14 muestra una breve clasificación respecto al sector de estudio en horario diurno. Para simplificar la nomenclatura en tablas y figuras se utilizara; para la plaza de Santo Domingo "SD", San Francisco "SF", la Independencia "IN", del Teatro "DT" y 24 de Mayo "24". De la misma manera se muestra los niveles obtenidos en horario nocturno.



3.2.3.3 Datos de campo

Al haber seleccionado los puntos de interés en el área de estudio se procedió a realizar la medición con el sonómetro SOLO 01dB, considerando colocar el equipo a 3 m. del borde de la acera por motivos netamente prácticos y llevándola a cabo por un intervalo de medición igual a 30 minutos por punto elegido. Obteniendo de esta forma una muestra por sector de un intervalo completo, es decir 1 hora.

Tabla 10. Nivel equivalente en dB(A) obtenido por sector de estudio

	Leq dB(A)				
	24	SF	SD	IN	DT
Diurno	66,8	67	67,35	67,85	67,85
Nocturno	60,2	61	61,3	63,9	65,5

Con el fin de poder comparar y corroborar los datos obtenidos, se procede a realizar gráficas similares de clasificación por sector respecto al grado de molestia.

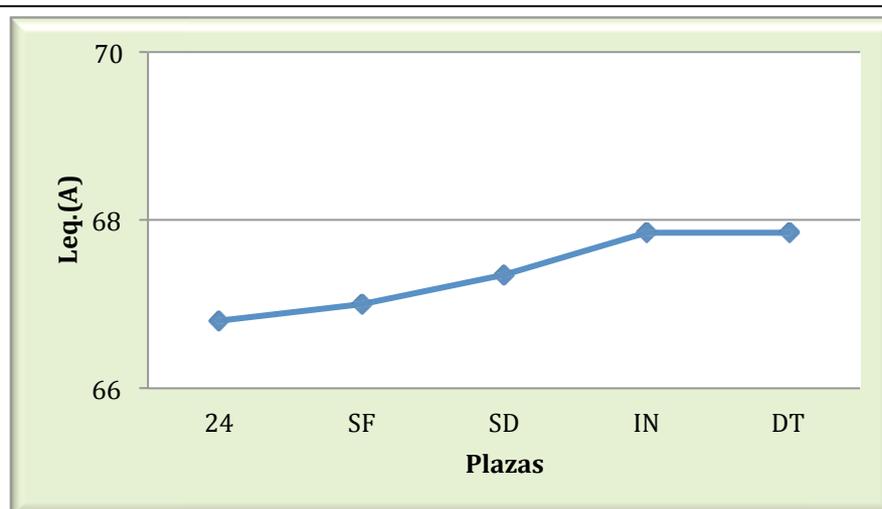
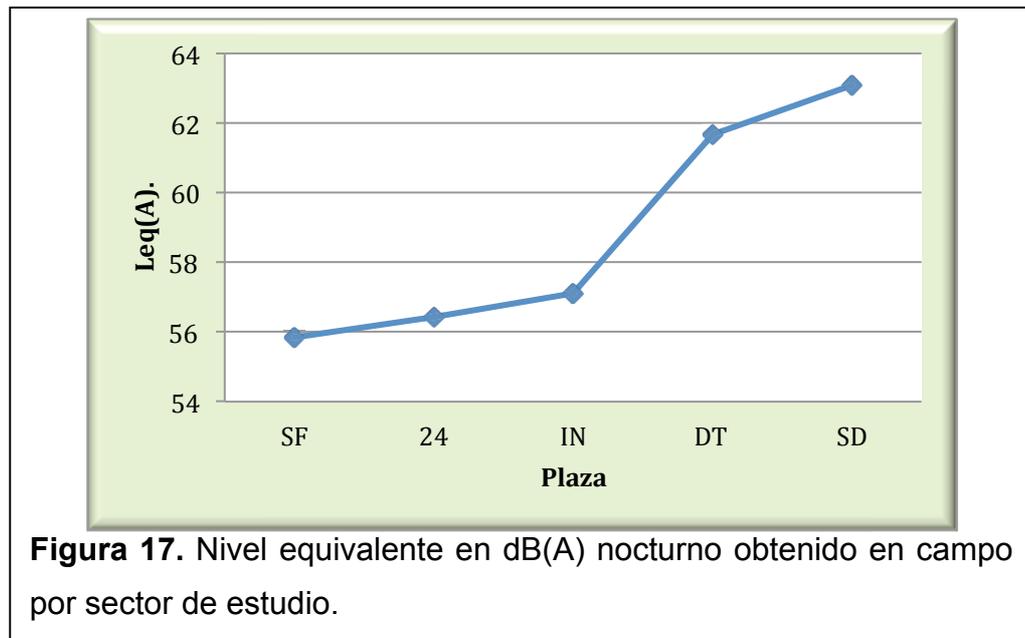


Figura 16. Nivel equivalente en dB(A) diurno obtenido en campo por sector de estudio.

Como nos muestra la figura 16 y se lo menciona en apartados anteriores, la mayor percepción de silencio se encuentra en la plaza 24 de Mayo para el

horario diurno. En contraste a esta, la plaza del Teatro y de la Independencia son las que registran los valores más altos en la medición, siendo esto comprensible debido al tráfico vehicular que alberga y el diseño urbanístico de los sectores. El sector de la 24 de Mayo es un 80% peatonal y los restantes son un 80% de tránsito vehicular.



Por otra parte, las mediciones nocturnas arrojan resultados esperados. Teniendo uno de los centros históricos más grandes y mejor conservados de América, se tiene un flujo considerable de turistas nacionales y extranjeros y el respectivo tráfico vehicular que este conlleva: movilización propiamente dicha, seguridad, comercio y servicios.

3.3 Evaluación subjetiva del ruido

La encuesta está dirigida para conocer la valoración subjetiva de los ciudadanos del área de estudio y como han afectado los niveles de ruido a los que se ven sometidos en su vida cotidiana. La encuesta se compone de cuatro bloques:

- a) Bloque 1: Identificación del encuestado.
- b) Bloque 2: Actitud de los encuestados frente a los niveles de ruido.
- c) Bloque 3: Tipo de ruido e influencia de la variación de ruido.
- d) Bloque 4: Valoración económica del ruido.

Seleccionamos el método por conglomerados, utilizando de esta manera a grupos de interés dentro del área de estudio. Para la selección se consideró la cercanía a los diversos sectores de estudio, su permanencia en el lugar y la edad promedio de sus integrantes. Se escogió a instituciones como la Escuela Politécnica del Ejército, Centro de Apoyo Integral las tres Manueles, Municipalidad, Ministerio de Defensa y viviendas colindantes del sector. El hecho de realizar las encuestas permitió además, recabar información adicional acerca de las quejas de los ciudadanos con respecto al ruido producido en su entorno.

Una de las preguntas más significativa y que fue la que se utilizó para realizar la posterior correlación era acerca de la valoración del nivel de ruido en las calles. Como posible respuesta se ofrecía una escala semántica de cinco puntos, clasificando a los posibles focos contaminantes en:

- Muy ruidoso.
- Bastante ruidoso.
- Algo ruidoso.
- Poco ruidoso.
- Nada ruidoso.

Para la valoración económica se toma como variables de interés al bienestar humano y su predisposición a pagar por la reducción en los niveles de ruido. Para su análisis se compara una cantidad de beneficios de una medida tomada con relación a los costos asociados. Para la evaluación del ruido de tráfico vehicular es relativamente simple determinar que un cambio, en los factores influyentes, es complicado en un plazo inmediato. Por esta razón un plan a mediano y largo plazo es más coherente con el reordenamiento del tráfico vehicular. De igual manera a la utilizada para valorar la molestia se coloca como posible respuesta una escala valorada o cuantitativa, clasificando a la posible contribución dependiendo del contenido de la pregunta.

Las preguntas de la encuesta se relacionan con cuatro temas de interés:

1. Ruido con respecto al valor económico de la propiedad.

2. Ruido y la distancia desde el hogar hasta el lugar de trabajo.
3. Pago por reducción de niveles de ruido.
4. Aporte personal y gastos de la administración local.

La edad de las personas que respondieron a la encuesta fue de 16 a 60 años, situando el interés de estudio en individuos de 20 a 40 años.

3.3.1 Resultados de la encuesta

La encuesta fue distribuida sobre los grupos de interés a los cuales se hizo referencia en apartados anteriores, realizándose 105 encuestas.

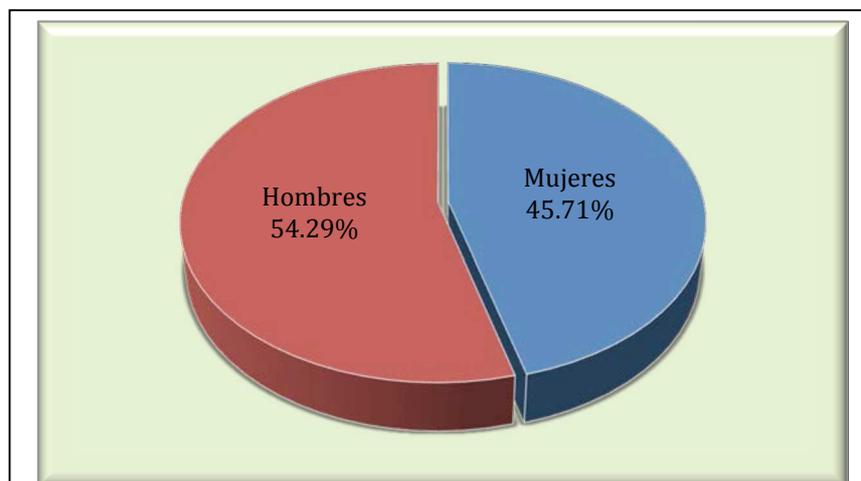


Figura 18. Distribución de la muestra por género.

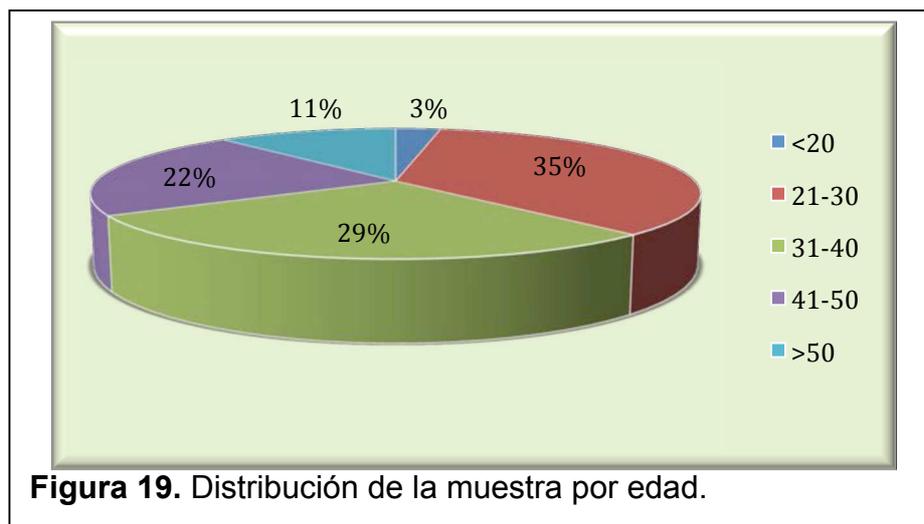
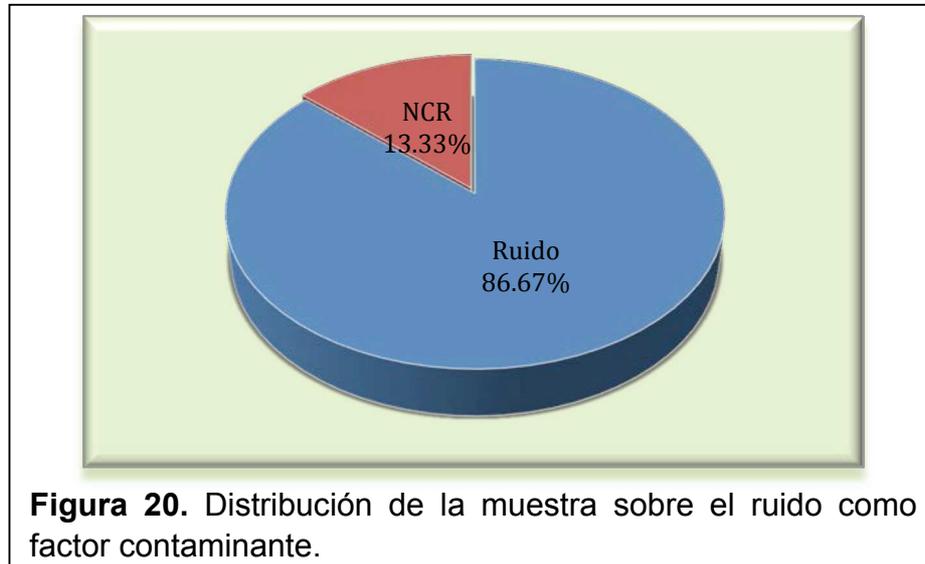


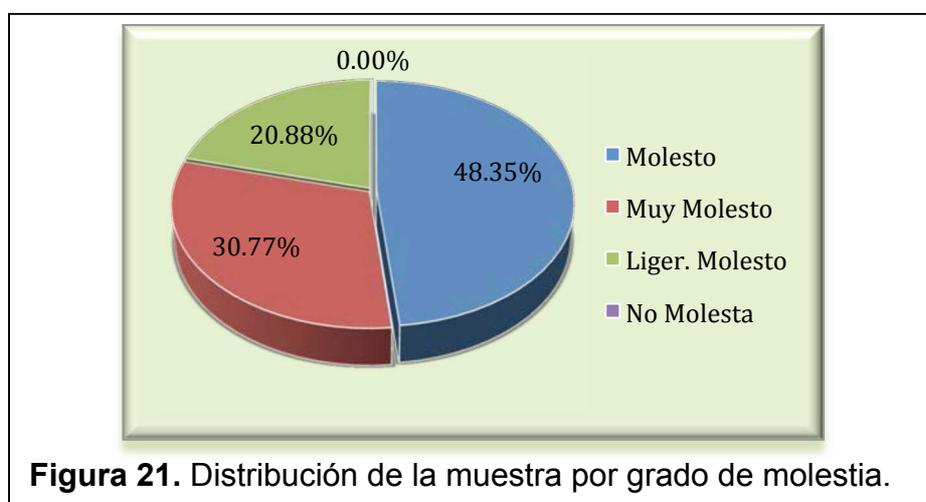
Figura 19. Distribución de la muestra por edad.

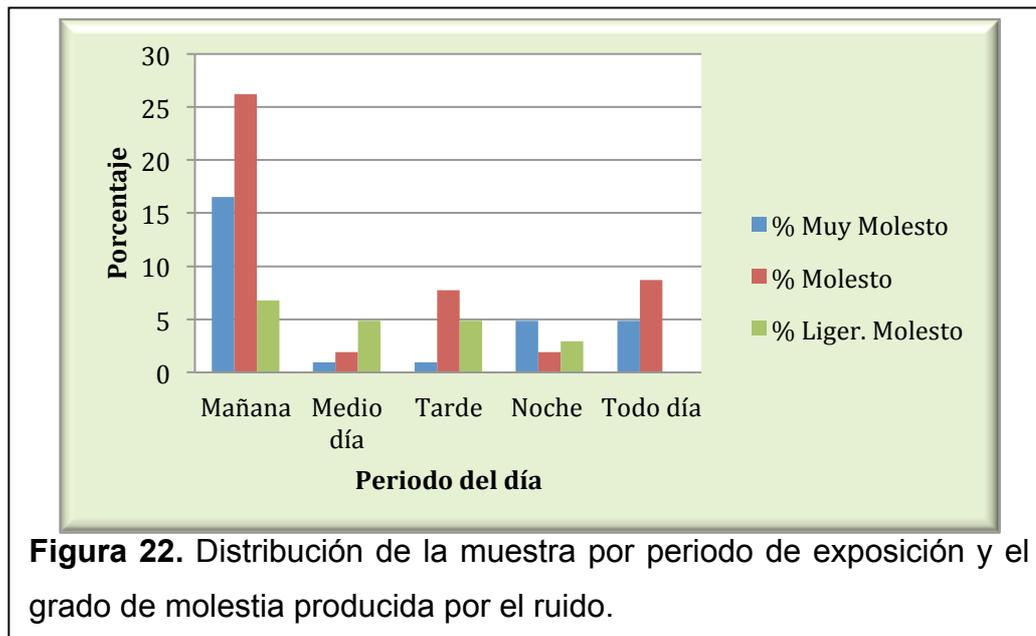
Se registra además que el 13,33% del total de individuos encuestados no contempla al ruido como factor contaminante, siendo los hombre con un 8,77% la mayoría dentro de este grupo.



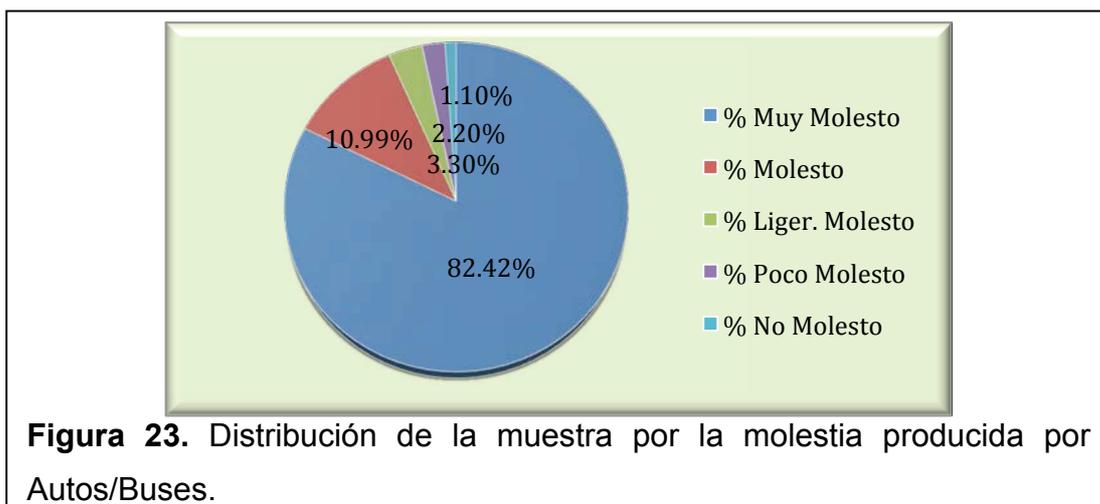
El mayor tiempo de permanencia registrado en el área de estudio, es el comprendido entre horas de la mañana y tarde con un 59,05%, es decir el periodo de una jornada de trabajo completa.

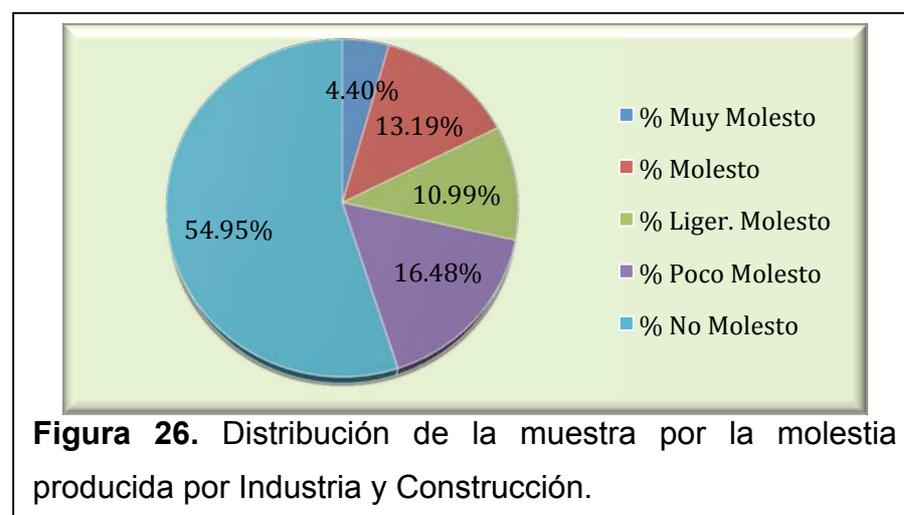
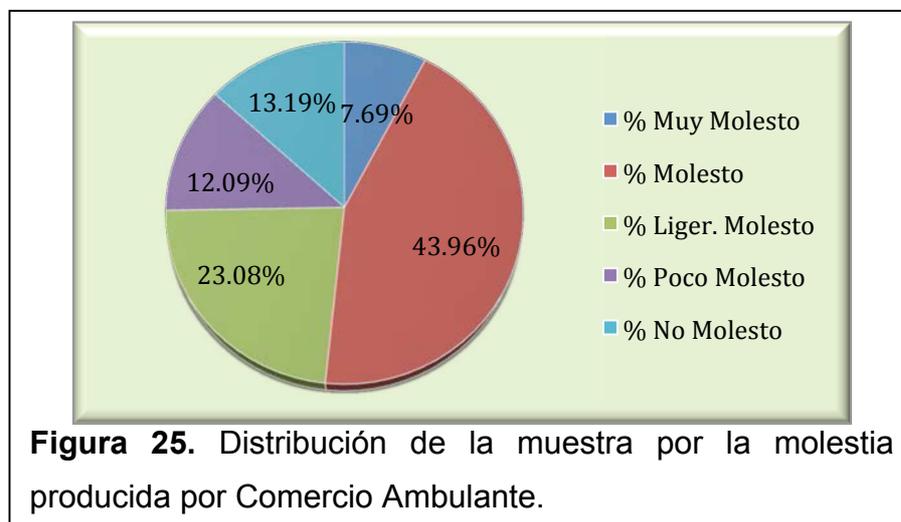
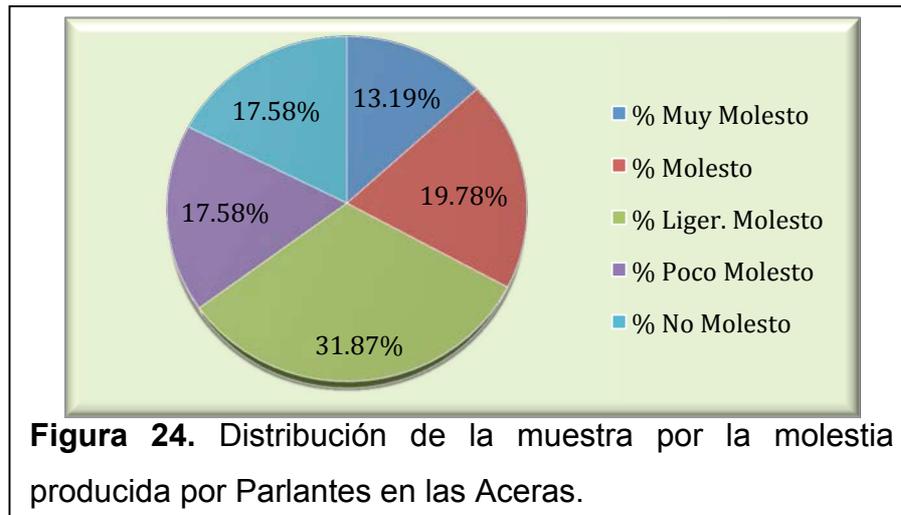
De la totalidad de la población que consideró a ruido como agente contaminante el 80,22% consideraron un aumento del nivel de ruido en los últimos años. La mayor percepción de molestia esta en las mujeres con un 33,33%. Mientras que en toda la muestra existe una percepción de siquiera molestia ligera dentro de su entorno.

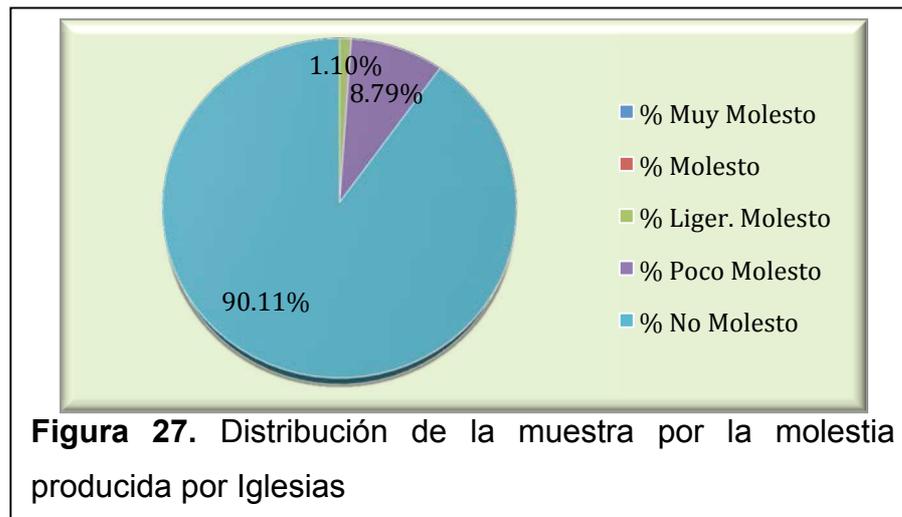




Como muestra la figura 22 el mayor grado de molestia se muestra en horas de la mañana, se puede atribuir esta consideración al descanso al cual es sometido el aparato auditivo durante el sueño, mientras que transcurre la mañana la exposición a la cual se ve sometida la población muestra un consentimiento a los niveles de ruido producidos en el entorno, es decir pueden sufrir un desplazamiento temporal del umbral de audición.

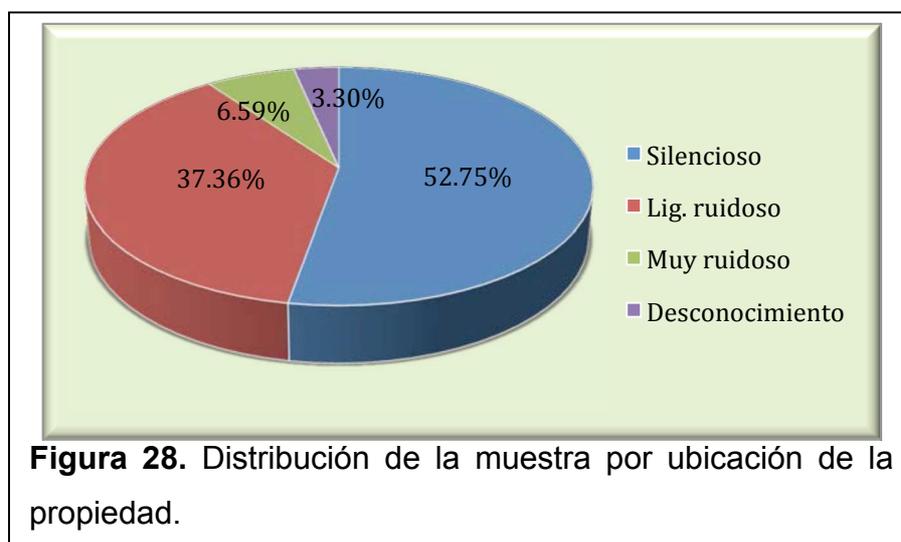




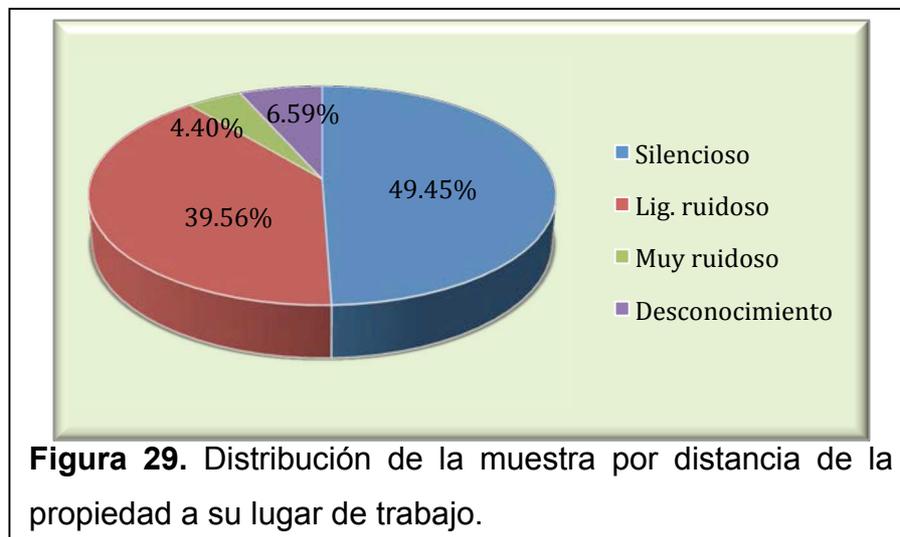


Como se muestra en la figura 23 la fuente de mayor molestia con un grado de "muy molesto" es el de tráfico rodado con un 82,42% de la población afectada por el ruido. Siguiendo con una clasificación por fuente y el mismo grado de molestia, tenemos a parlantes en las aceras (actividades lúdicas) con un 13,19%, el comercio ambulante con el 7,69%, la industria y construcción con un 4,40% y por último se encuentra la molestia producida por las edificaciones religiosas.

El uso de algún tipo de variable de valoración económica con el fin de determinar; parámetros que influyen en el bienestar de la población y los recursos económicos dedicados para vivir en un ambiente silencioso es de evidente importancia.



Si consideramos que el costo de la propiedad que se ofrece es de menor valor en un ambiente silencioso. La figura 28 muestra que el 52,75% de la población afectada por el ruido, prefiere vivir en lugares silenciosos, incluso si el costo de la propiedad es bajo (\$40.000), en comparación al mismo terreno en un lugar ruidoso (\$100.000). Si colocamos dentro a aquellas personas que optan por vivir en lugares ligeramente ruidoso, resulta que el 90,11% de los sujetos de estudios que consideraron al ruido como fuente contaminante prefiere vivir en lugar silencioso a pesar de un menor valor económico de la propiedad. Conjuntamente el 89,01% considera vivir en un ambiente silencioso o ligeramente ruidoso, que vivir cerca a un lugar que presenta condiciones de ruido excesivo.

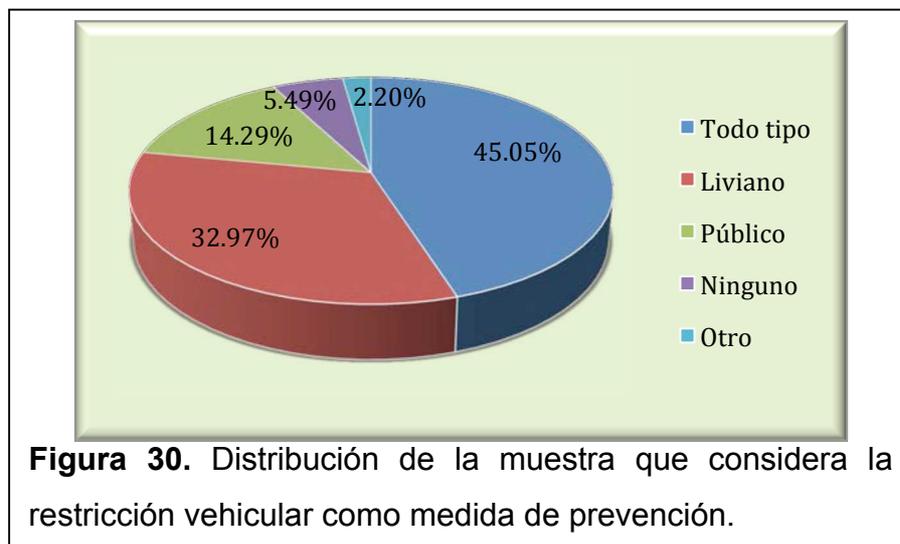


Cuando se pregunta sobre el pago de un precio adicional para vivir en un lugar silencioso, el 41,75% de la muestra está dispuesto a pagar una suma que varía entre 1% al 15% del precio de la vivienda. Si suponemos que el precio de la vivienda en un lugar silencioso se encuentra entre \$40.000-\$80.000, la población estaría dispuesta a pagar entre \$400-\$800 sobre el valor de la propiedad.

En contraste con esto, la población con un 39,81% de consentimiento, considera que para alcanzar un control público eficiente del ruido sobre el entorno se debería restringir el tráfico rodado para todo tipo de vehículo en el

área de estudio; es decir, se puede contemplar la disposición de la población del sector para encaminar acciones de peatonización, logrando satisfacer al 69,9% de la población que presenta escasa apertura para realizar modificaciones acústicas en sus domicilios o sitios de trabajo.

Las acciones propuestas por los ciudadanos entrevistados con el fin de reducir los niveles de ruido contempla la restricción de flujo vehicular durante un día completo, pero también el 14,29% de la población considera que el transporte público es indispensable para el desarrollo de sus actividades.



3.4 Análisis de resultados entre la evaluación objetiva y subjetiva con la norma vigente

La Ordenanza Municipal 213 del Distrito Metropolitano de Quito en su capítulo segundo, tercera sección, tratan sobre la contaminación acústica de fuentes móviles bajo condiciones específicas y estado estacionario.

Adicionalmente, para efectos de prevenir y controlar la contaminación acústica provocada por fuentes móviles, tenemos la resolución 002 de la Dirección Metropolitana de medio Ambiente que en su Norma Técnica fija los niveles permisibles de ruido; y, además se emiten directrices para el tratamiento de la emisión de ruido.

Al ser considerado el centro histórico de Quito como patrimonio cultural de la humanidad, hace imposible la construcción de cualquier tipo de edificaciones. Por ello, durante los últimos años se ha empezado a realizar planes para la implementación de la peatonización de muchas de sus calles, sin embargo concientizar a la población sobre los beneficios que puede conllevar este importante paso, surge como un problema constante, es por consiguiente en este punto donde se produce una combinación del desorden que se genera en el transporte urbano y la falta de urbanismo de la ciudad.

Para el análisis se tiene una variable estadística que es la encuesta, concretamente, las respuestas obtenidas referentes a la valoración subjetiva de los niveles de ruido producido en la calle; la otra variable es, la medida del nivel de ruido dado por el índice L_{10} , registrado en cada punto de medida.

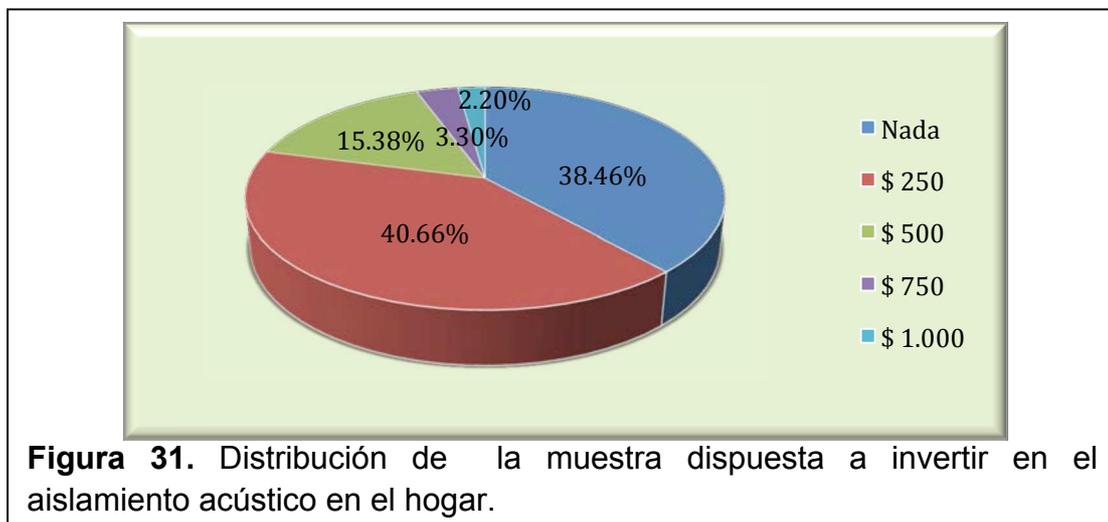
Tabla 11. Registro percentil L_{10}

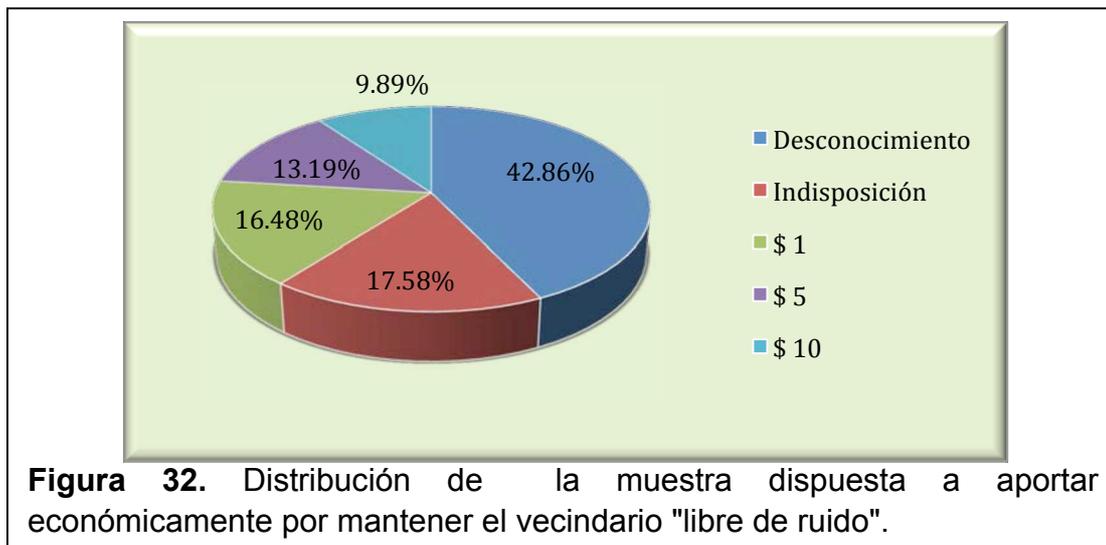
	L10				
Plaza	SF	SD	IN	DT	24
Diurno	69,25	69,8	69,5	67,75	68,9
Nocturno	58,8	66	61,4	68	63,7

Para tener el mismo número de elementos en ambas variables, se ha realizado un procesado de datos. En primer lugar, se le ha dado un valor a cada respuesta de la pregunta de la encuesta, en una escala que da cinco puntos a

la respuesta muy molesta y un punto a la respuesta no molesta, de la misma manera para poder relacionar el análisis del costo/beneficio. Tras tener todas las preguntas de la encuesta tabuladas, se ha realizado una media aritmética, obteniendo para cada plaza un valor único; de esta manera, se han relacionado directamente los niveles equivalentes en cada punto. Se opta por utilizar al L_{10} para el análisis debido a su relación con el nivel de ruido obtenido por el tráfico rodado.

Si consideramos dentro de un mismo grupo a los individuos de la población, quienes consideran al ruido en el área de estudio como muy molesto y molesto, obtenemos que el 79,12% perciben al ruido como un agente altamente contaminante. Con ello, podemos asociar que el 80,22% de la misma población perciben un aumento en los niveles durante su exposición y solo un 3,30% perciben una disminución. Pese a esta consideración, la población no está dispuesta a costear alguna acción para realizar un control individual, es decir no están dispuestos a realizar alguna acción para mitigación de ruido en su domicilio, lugar de trabajo, entre otros.





En contraste con lo antes expuesto, el 20,39% de la de la población está de acuerdo con la creación de una tasa municipal para el monitoreo de ruido y el financiamiento de proyectos como mapas de ruido. Ahora el desconocimiento sobre el tema y posibles acciones contingentes para la mitigación de este contaminante es considerable; si como muestra la figura 32, añadimos a los individuos indispuestos a pagar a los que presentan desconocimiento, obtenemos que el 60,44% de la población no tiene conocimiento acerca del tema.

El desconocimiento de la ciudadanía y la negativa de apoyar un proyecto de esta naturaleza se mitigaría, con la creación de un plan de contingencia que incluya una campaña agresiva de concientización respecto al daño producido por el ruido ambiental. Como la campaña emprendida hace algunos años por la Universidad "No más Ruido".

Adicionalmente, se podría atribuir como una causa del desconocimiento y de negativa de apoyo económico también, a la rutina que genera una costumbre que disimula o esconde la real magnitud de la incidencia del ruido sobre la salud; siendo, una causa de la no efectividad de la norma que justifica el porcentaje obtenido para la indisposición de colaborar económicamente.

3.5 Identificación de efectos

A partir de los datos recopilados por la bibliografía obtenida. Se han clasificado los efectos del ruido en distintas categorías:

Tabla 12. Efectos de diferentes niveles de ruido en horario nocturno

Promedio del nivel de ruido en horario nocturno	Efectos en la salud observados
Sobre 30 dB(A)	Aunque la sensibilidad y las circunstancias pueden diferir, al parecer sobre este nivel existen efectos biológicos substanciales.
Entre 30 a 40 dB(A)	Movimientos en el cuerpo, perturbación, despertares. Depende de la naturaleza de la fuente y el número de repeticiones del evento. Los niños son el grupo más vulnerable.
Entre 40 a 55 dB(A)	Muchas personas han adoptado sus vidas a convivir con el ruido, los grupos más vulnerables son afectados severamente.
Sobre 55 dB(A)	Considerada altamente peligrosa para la salud pública. Ocurren efectos adversos frecuentemente. Una gran proporción de la población es altamente afectada y perturbada en horas del sueño

Tomado de la OMS. 2000, directrices del ruido comunitario. Ginebra.

Los efectos del ruido en el ser humano son muchos y de distinta índole. Algunos de estos efectos son producidos directamente en el oído, mientras que otros van aún más allá. Incluso algunos efectos del ruido no son causados por la recepción de ondas por parte de nuestro oído, sino que ingresan al organismo de forma estructural (por ejemplo vibraciones de algunos órganos). La evidencia bibliográfica sobre las consecuencias extra-auditivas que ha sido recopilada es suficiente para comprender que el daño provocado por el ruido sobre la salud humana no puede ser juzgado sólo con criterios basados en el sistema auditivo.

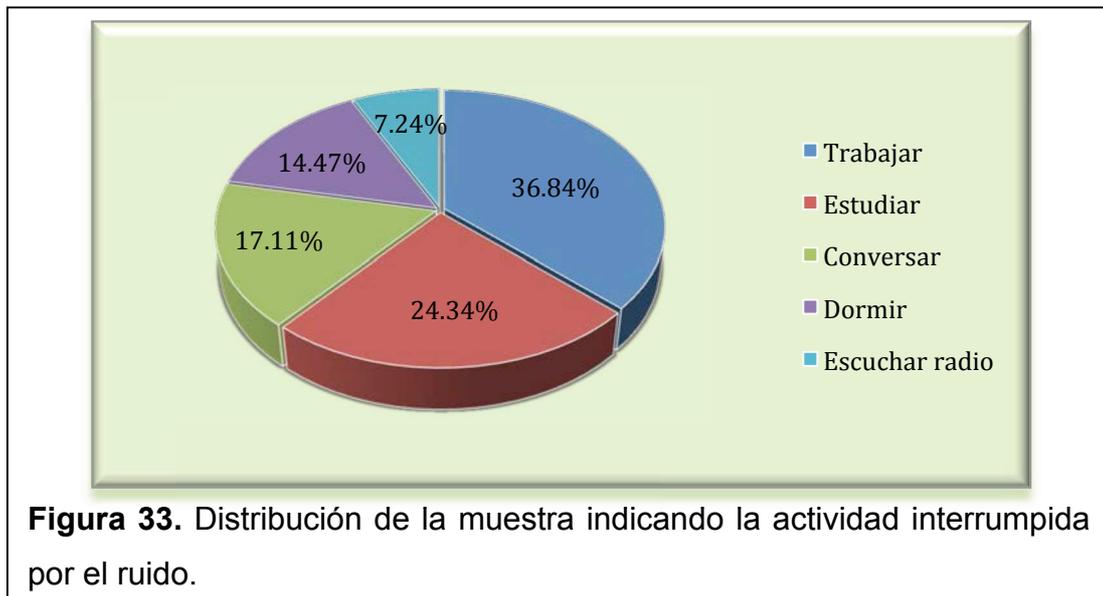
Tomamos sólo para el análisis de afecciones en la salud los niveles nocturnos, suponiendo que, al verse obstruido o interrumpido el sueño en cualquiera de sus fases y/o etapas. La población se torna mucho más vulnerable a agentes externos existentes en el entorno, con ello podemos deducir, por los niveles obtenidos durante las mediciones, que dentro del área de estudio la población es vulnerable a una perturbación del sueño.

Según datos proporcionados por el último censo realizado por el INEC en el 2010 y con el criterio anterior. La hipertensión esencial primaria es la enfermedad del sistema circulatorio más habitual en la provincia de Pichincha con un 0,1%, mientras que la hipoacusia es la enfermedad del oído con un 0,02% del total de ingresos nacionales hospitalarios en el grupo de interés definido anteriormente.

Cabe mencionar, que la molestia causada por el ruido está fuertemente influenciada por la personalidad del individuo. Un mismo individuo puede experimentar variaciones abruptas en su sensibilidad según el tipo de ruido percibido. Podemos citar la tolerancia que algunas personas tienen frente a ruidos específicos, las cuales pueden estar asociadas a algún evento traumático de su pasado. De igual manera puede darse el caso opuesto para ciertos "ruidos" que incluso pueden llegar a ser agradables, como consecuencia de experiencias o recuerdos placenteros, Alain Muzet, 207, Ruido ambiental, sueño y salud.

Una de las directrices que se fijan dentro de la norma ISO 1996-2 es el estudio específico de los residuos de baja frecuencia que deja el ruido dentro de zonas urbanas. Esto debido a que existen trabajos anteriores que citan el perjuicio derivado de la exposición a baja frecuencia; uno de estos trabajos, se realizó por parte de uno de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica de Universidad de las Américas. El trabajo consistió en la escucha de diferentes géneros musicales para su evaluación, encontrando que la pista que contenía un alto grado de baja frecuencia, provocaba un aumento en la actividad cardiaca en los individuos considerados para el estudio, Ing. Juan

Jiménez. 2012, Reacciones cardiacas y respiratorias del ser humano ante estímulos musicales.



Como se ha evidenciado en la figura 33, el ruido es capaz de invadir la paz del hogar influyendo negativamente en la calidad de vida; siendo, el trabajar con el 36,84% la actividad de mayor interrupción para los sujetos encuestados.

Por esta razón, la legislación que regula la inmisión sonora debería considerar los límites de la molestia. Esta labor no es simple, ya que el rango de la sensibilidad individual es amplio y para legislar es necesario fijar límites objetivos y generales. Los resultados del estudio han verificado que el incremento de los niveles sonoros es proporcional al aumento de la molestia, por lo tanto no debe pasarse por alto que la molestia no es el único efecto a considerar al momento de confeccionar normativas que protejan el bienestar de las personas respecto al ruido.

Ahora es de importancia señalar que existen grupos especialmente vulnerables, en algunos grupos pueden encontrarse una mayor cantidad de personas más sensibles al ruido que la media. Dentro de estos grupos especialmente vulnerables se hallan:

- a) Niños y bebés en general.

- b) Los ancianos.
- c) Los niños y adultos en proceso de lectura y aprendizaje.
- d) Las personas con problemas auditivos.
- e) Los ciegos y enfermos en general.

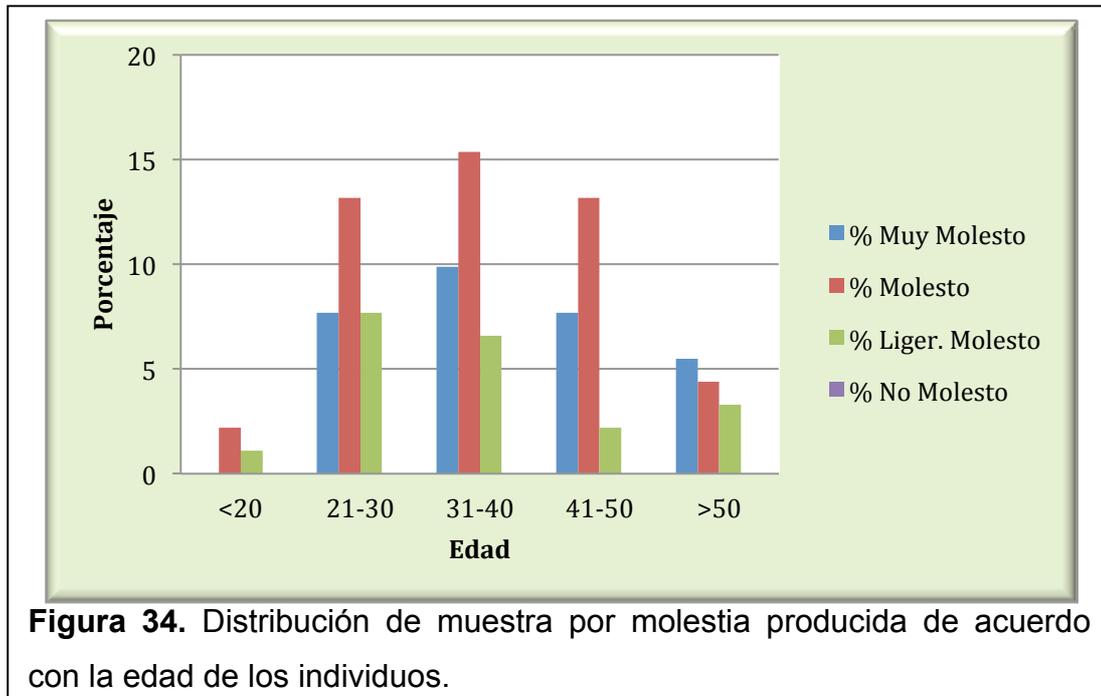


Figura 34. Distribución de muestra por molestia producida de acuerdo con la edad de los individuos.

4 Proyecciones de los agentes contaminantes

Para la presente investigación se han considerado como factores contaminantes los siguientes: el tráfico rodado y comercio ambulante.

En el caso del tráfico rodado, actualmente el parque vehicular más grande del país se concentra en la capital y, dentro del centro histórico se concentra edificaciones de carácter gubernamental y de servicios, además de cuantiosos sitios de afluencia de visitantes tanto nacionales como extranjeros. Debido a lo expuesto debemos considerar que de continuar con la decadencia del transporte público y el incremento sostenido del parque automotor privado, estimado entre el 10%-11% anual según cifras de la Agencia Nacional de Tránsito, los niveles de ruido por tráfico rodado en el área de estudio incrementarán progresivamente.

Tabla 13. Estimación del incremento de nivel diurno producido por tráfico horario

	SD	24	SF	IN	DT
Obtenido	64,57	65,09	66,66	68,05	68,26
Incremento 10%	64,99	65,42	66,99	68,46	68,67

Tabla 14. Estimación del incremento de nivel nocturno producido por del tráfico horario

	SF	24	IN	DT	SD
Obtenido	55,84	56,43	57,1	61,68235	63,09
Incrementado 10%	56,25	56,77	57,51	62,02	63,50

Como se muestra en las tablas 13 y 14, el crecimiento del parque automotor aportaría un aumento anual de 0,38 dB(A) por sector de estudio. Como propuesta mencionada en párrafos anteriores se hace mención a una posible peatonización de las calles en el centro histórico, identificando que la población está dispuesta a acoger la medida mencionada.

En el caso del comercio ambulante, considerando el crecimiento poblacional proyectado y, de acuerdo a la proyección del crecimiento del parque automotor, por lógica estadística se incrementará el comercio ambulante. Por esta razón, también se incrementará la contaminación acústica; es decir, el comercio

ambulante es consecuencia del crecimiento poblacional y vehicular en el sector.

5 Análisis económico

5.1 Gastos empleados en la investigación

En la siguiente tabla se muestra todos los recursos necesarios que se utilizaron en el procedimiento para la investigación. Incluyéndose en ésta, los rubros de los gastos producidos por movilización, personal de apoyo y equipo a utilizar.

Tabla 15. Gastos necesarios realizados

Cant.	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
1	Sonómetro	100,00	100,00
210	Copias para encuestas	0,02	4,20
n/a	Personal de apoyo	20,00	20,00
n/a	Alimentación	2,50	5,00
n/a	Movilización	n/a	15,00
Total			144,20

Se utilizan encuestas físicas para registrar las respuestas de la población y mantener un respaldo del trabajo expuesto en las diferentes tablas y figuras estadísticas.

Se considera una sola persona para apoyo en el estudio de campo debido a la necesidad de mantener una compatibilidad entre el registro del nivel obtenido por el equipo y el tráfico horario existente en el momento de la realización de la medición. Como se toman dos horarios para el registro de datos se reconoce la alimentación para el personal, contemplando el almuerzo y un refrigerio para el horario nocturno.

Como se muestra en la tabla, el costo aproximado sería de USD144,2, lo que incluiría el equipamiento y el personal de apoyo para el procedimiento; aunque se obtuvo la colaboración del personal, equipamiento y, movilización utilizada, es de considerar que estos rubros son diarios, es decir el costo de la investigación incrementa en proporción con el tiempo que tarde la culminación del mismo.

Como alternativa para la reducción de los costos de la investigación, podría adoptarse una encuesta netamente digital, así como una correcta decisión del periodo de medición para evitar retrasos en las mediciones de campo.

6 Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

Al evaluar ambiente sonoro no solo sometemos a evaluación cuantitativa del ruido sino también su repercusión sobre la salud. En definitiva el ruido produce una pérdida de bienestar que se traduce en una reducción de la calidad de vida. Un análisis previo del entorno es importante para identificar las fuentes de ruido y ubicar los posibles puntos de medición para la obtención de los datos de campo.

La evaluación cuantitativa y cualitativa de los resultados de la investigación, nos lleva a las siguientes conclusiones:

El desconocimiento de la población acerca de los efectos de la contaminación por ruido es evidente como resultado de la investigación realizada; se evidenció que, los habitantes de este sector atribuyen a otros factores su afección en su salud.

La población manifiesta su preferencia para vivir en ambientes de baja contaminación acústica, aún cuando signifique vivir en una propiedad de menor valor económico y alejado del centro poblado. Aceptan también, en un buen porcentaje del universo investigado pagar un valor adicional en un lugar de baja contaminación.

La conformación urbanística del centro histórico está basada en criterios técnicos propios para la época colonial y se constituye en un limitante para desarrollar acciones que permitan un tratamiento adecuado de control del ruido.

El crecimiento poblacional sostenido, el crecimiento del parque automotor y el comercio ambulante son factores importantes que se constituyen en fuentes principales de contaminación acústica.

El marco legal que se refiere al tema investigado es limitado y enfoca únicamente medidas con parámetros que limitan la contaminación acústica, sancionan su incumplimiento pero no consideran medidas preventivas que

sean aplicables para limitar la generación de ruido, es decir antes de que se produzca la contaminación.

Otro resultado de la investigación permite concluir que los habitantes del sector manifiestan su predisposición al pago de una tasa que financie periódicamente la realización de mapas de ruido de la ciudad, que permitan obtener la información necesaria de la situación actual del ruido dentro de sectores específicos.

6.2 Recomendaciones

A fin de que los habitantes del centro histórico se concienticen en la importancia de la incidencia del ambiente sonoro, es recomendable que la Dirección de medio Ambiente como ente regulador, creen un plan de contingencia que incluya una campaña agresiva de concientización respecto al daño producido por el ruido ambiental. Como la campaña emprendida hace algunos años por la Universidad "No más Ruido".

Para brindar un ambiente sonoro de baja afección a la salud de los habitante del centro histórico y mantengan su interés de continuar en su lugar actual de residencia. Es recomendable, que la mejor medida dentro de áreas urbanas que cuentan con un uso de suelo de protección especial, como el del centro histórico de la ciudad, el cese del paso de vehículos, esto conlleva a todo un reordenamiento del tráfico vehicular y la promoción de otros medios de transporte para llegar a distintos puntos sin necesidad de desplazarse en vehículos privados.

Si bien es cierto, dentro de la investigación sólo se considera al ruido provocado por el tráfico rodado como fuente emisora debido a su predominancia en el área de estudio y, como factor contribuyente a su propagación la intensidad media diaria "IMD". Pero existen otros tipos de factores que influyen dentro de la propagación que deberían ser tomados en cuenta para trabajos posteriores como; la influencia en la propagación de las fachadas de las edificaciones. Por ello es recomendable realizar un estudio

minucioso de los tipos y formas de construcción existentes en el área de estudio.

La alta densidad poblacional actual en el centro histórico permite recomendar que el distrito metropolitano revise la ordenanza municipal en lo relacionado al uso de suelo en este sector, dando importancia al uso original para el cual fue edificado e centro histórico; es decir, residencial de baja densidad y comercial. El aporte del sector público es importante en cuanto pueda adoptar medidas para reubicar sus dependencias en otros lugares de la ciudad con el concepto básico de la descentralización.

Es necesario una revisión de la normativa legal existente sobre este tema, a fin de que se incluyan criterios de prevención de contaminación acústica antes que llegar a la sanción.

Dada la predisposición de los habitantes a realizar un aporte económico para investigaciones de este tipo, es aconsejable que el Distrito Metropolitano emita la ordenanza respectiva. Los recursos obtenidos financiarían investigaciones posteriores como la exploración de residuos de baja frecuencia y sus consecuencias; entregando, una mejor relación respecto a la relación dosis-respuesta.

Se observa la predisposición de los habitantes para una posible peatonización del centro histórico, siendo la medida más contribuyente a largo plazo para la disminución de los niveles ambientales registrados; adicionalmente, sería recomendable el desvío del flujo vehicular liviano y la permanencia del transporte público como solución para una descongestión vehicular, mejorando el servicio y los controles de emisión sonora para estimular el uso del mismo.

Referencias

- Alain, M., (2007). *Environmental noise, sleep and health*. Rouffach, Francia: Clinical review ELSEVIER.
- Carrión, A., (1998). *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. Barcelona, España: Los Autores y Ediciones UPC.
- Gerges, S.,(1998). *Ruido Fundamentos y Control*. Florianópolis, Brasil: Universidad Federal de Santa Catalina.
- IEC 61672-1, (2002). *Especificaciones electroacústicas-medidor de nivel sonoro*. Ginebra, Suiza: Comisión Internacional Electrónica IEC.
- Marmolejo, C. y Frizzera, A., (2008). *¿Cuánto estamos dispuestos a pagar por el silencio?: Un análisis contingente para la salud de Barcelona*. Barcelona, España: Arquitectura, ciudad y entorno ACE.
- Martín, M., Tarrero, A., González, J. y Machimbarrena, M., (2006): *Exposure-effect relationships between road traffic noise annoyance and noise cost valuations in Valladolid, Spain*. Valladolid, España: clinical review ELSEVIER.
- Miyara, F., (1999). *Control de ruido*. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
- Sancho, F., Llinares, J. y Llopis, Ana. (1996). *Acústica Arquitectónica y Urbanística*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- UNE-ISO 1996-1, (2005). *Magnitudes básicas y métodos de evaluación*. Madrid, España: Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR.
- UNE-ISO 1996-2, (2009). *Determinación de los niveles de ruido ambiental*. Madrid, España: Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR.

Anexos

IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE RUIDO EN LAS PRINCIPALES PLAZAS DEL CENTRO HISTÓRICO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO Y ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO PARA ATENUAR SUS CONSECUENCIAS.

Universidad de las Américas
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias
Escuela de Ingeniería en Sonido y Acústica

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: M F

Dirección (dentro del centro histórico) del trabajo ó lugar de residencia: _____

Tiempo que trabaja ó reside en el lugar: _____

1.) Intervalo de tiempo diario que permanece en el lugar:

- Mañana
 Tarde
 Noche
 Mañana/Tarde
 Día/Noche

2.) Que problema ambiental considera usted importante (si la respuesta es distinta a la contaminación por ruido termina la encuesta.):

- Contaminación por ruido Malos Olores
 Contaminación del aire Otros (Especifique)
 Basura

3.) Considera usted que el ruido en su lugar de trabajo ó residencia es:

- Muy molesto Ligeramente molesto
 Molesto No molesta

12.) Cree usted que los niveles sonoros durante los últimos años a:

- Aumentado. Han permanecido constantes.
 Disminuido. Desconocimiento.

4.) Considera usted que el ruido es más molesto:

- Mañana Tarde Todo el día
 Medio día Noche

5.) Califique del 1 al 5 las fuentes de ruido según su grado de molestia, siendo 5 como Muy Molesta y 1 No Molesta:

- Autos/Buses Industria Parantes en las aceras
 Comercio Ambulante Iglesias

6.)Cuál de las siguientes actividades es interrumpida por el ruido:

- Dormir Escuchar la radio Trabajar
 Conversar Estudiar Otros (Especifique)

Anexo 1.Primera hoja de la encuesta proporcionada.

7.) Si el Estado te donaría un terreno para vivir, con la condición que no podrías vender o alquilar por 10 años. ¿Qué tipo de bien te gustaría?

- Un terreno de \$100.000 pero en un lugar muy ruidoso (Ldn=80 dBA.)
- Un terreno de \$80.000 pero en un lugar ligeramente ruidoso (Ldn=60 dBA.)
- Un terreno de \$40.000 pero en un lugar silencioso (Ldn=40 dBA.)
- No sabe/Desconocimiento.

8.) ¿En cuál de los siguientes lugares te gustaría vivir?

- Un lugar silencioso (Ldn=40 dBA.) a una hora del trabajo.
- Un lugar ligeramente ruidoso (Ldn=60 dBA.) a unos 30 min. del trabajo.
- Un lugar muy ruidoso (Ldn=80 dBA.) a 5 min. del trabajo.
- No sabe/Desconocimiento.

9.) ¿Está usted de acuerdo en pagar cierta cantidad de dinero para mantener su vecindario "libre de ruido", de acuerdo a la normativa vigente?

- No.
- Si, hasta \$1 por hogar y por año.
- Si, hasta \$5 por hogar y por año.
- Si, hasta \$10 por hogar y por año.
- Si, pero no sé la cantidad.

10.) ¿Estaría dispuesto a invertir en mejorar el aislamiento acústico de su hogar? Si es así, indique a cantidad.

- No.
- Si, hasta \$250
- Si, hasta \$500
- Si, hasta \$750
- Si, hasta \$1000

11.) ¿Estaría dispuesto a apoyar un proyecto municipal encaminado a peatonizar el centro histórico? restringiendo:

- No.
- Si, sólo transporte liviano.
- Si, sólo transporte público.
- Si, todo tipo de transporte.
- Otro (Especifique).

13.) ¿Cree que es importante la creación de una tasa municipal para financiar periódicamente la realización de un mapa de ruido de la ciudad y mantener informados a los ciudadanos sobre el problema?

- No.
- Si.
- Desconocimiento.

14.) ¿Cuánto más estaría dispuesto a pagar por una casa en un lugar silencioso, en comparación, con la misma casa en un lugar ruidoso, asumiendo características similares del entorno?

- 1% más sobre el costo total de la vivienda.
- 3% más sobre el costo total de la vivienda.
- 5% más sobre el costo total de la vivienda.
- 10% más sobre el costo total de la vivienda.
- No estaría dispuesto a pagar.
- No sabe.

Anexo 2. Segunda hoja de la encuesta proporcionada.



Anexo 3.Medición de ruido producido por transporte pesado.



Anexo 4.Medición de ruido producido por transporte liviano.



Anexo 5.Medición de ruido producido por ciclomotores.



Anexo 6.Medición de ruido poblacional, patio Universidad de las Américas.



Anexo 7.Registro de datos de la encuesta.



Anexo 8.Medición diurna y conteo vehicular. Punto 1, Plaza de la Independencia.



Anexo 9.Medición diurna y conteo vehicular. Punto 2, Plaza de la Independencia.



Anexo 10.Medición nocturna y conteo vehicular, Plaza de la Independencia.



Anexo 11.Medición diurna y conteo vehicular. Punto 1, Plaza de San Francisco.



Anexo 12.Medición diurna y conteo vehicular. Punto 2, Plaza de San Francisco.



Anexo 13.Medición nocturna y conteo vehicular. Plaza de San Francisco.



Anexo 14.Medición diurna y conteo vehicular. Punto 1, Plaza de Santo Domingo.



Anexo 15.Medición diurna y conteo vehicular. Punto 2, Plaza de Santo Domingo.



Anexo 16. Medición nocturna y conteo vehicular. Plaza de Santo Domingo.



Anexo 17.Medición diurna y conteo vehicular. Punto 1, Plaza del Teatro.



Anexo 18.Medición diurna y conteo vehicular. Punto 3, Plaza del Teatro.



Anexo 19.Medición nocturna y conteo vehicular. Plaza del Teatro.



Anexo 20.Medición diurna y conteo vehicular. Punto 1, Plaza 24 de Mayo.



Anexo 21.Medición diurna y conteo vehicular. Punto 2, Plaza 24 de Mayo.



Anexo 22.Medición nocturna y conteo vehicular., Plaza 24 de Mayo.

Tabla de Resultados.						
Familia	Tipo de datos	Pond.	Valor			
				Punto 1	Punto 2	Nocturno
Leq	Leq	A	66.4	67.6	61.0	
Leq	Max	A	82.9	87.9	83.9	
Leq	Min	A	58.0	58.3	42.7	

Anexo 23. Registro de niveles, Plaza de San Francisco.

Conteo Vehicular (1 hora.)					
Punto 1		Punto 2		Nocturno	
Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
280	40	340	8	52	4

Anexo 24. Conteo vehicular Plaza de San Francisco.

Percentiles			
L	Punto 1	Punto 2	Nocturno
10	69,1	69,4	58,8
20	65,9	67,3	55
30	64,5	66	52,8
40	63,4	65	51
50	62,7	64,2	49,5
60	62,2	63,5	47,8
70	61,7	62,8	46,3
80	61,2	62,1	45,1
90	60,7	61,2	44,2

Anexo 25. Distribución estadística, Plaza de San Francisco.

Tabla de Resultados.					
Familia	Tipo de datos	Pond.	Valor		
		Registro	Punto 1	Punto 2	Nocturno
Leq	Leq	A	67.3	67.4	63.9
Leq	Max	A	90.0	86.0	85.1
Leq	Min	A	57.0	56.4	46.5

Anexo 26. Registro de niveles, Plaza de Santo Domingo.

Conteo Vehicular (1 hora.)					
Punto 1		Punto 2		Nocturno	
Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
508	76	740	72	364	16

Anexo 27. Conteo vehicular, Plaza de Santo Domingo.

Percentiles			
L	Punto 1	Punto 2	Nocturno
10	69,3	70,3	66
20	67,4	67,7	63,2
30	65,9	66,3	61,2
40	64,9	65	59,2
50	64,1	64,2	57,4
60	63,4	63,2	55,5
70	62,5	62,2	53,6
80	61,3	61,2	52
90	59,9	60	49,9

Anexo 28. Distribución estadística, Plaza de Santo Domingo.

Tabla de Resultados.					
Familia	Tipo de datos	Pond.	Valor		
		Registro	Punto 1	Punto 2	Nocturno
Leq	Leq	A	70.2	65.5	60.2
Leq	Max	A	88.9	89.5	84.4
Leq	Min	A	58.2	56.6	49.7

Anexo 29. Registro de niveles, Plaza de la Independencia.

Conteo Vehicular (1 hora.)					
Punto 1		Punto 2		Nocturno	
Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
504	60	420	9	92	4

Anexo 30.Conteo vehicular, Plaza de la Independencia

Percentiles			
L	Punto 1	Punto 2	Nocturno
10	71,6	67,4	61,4
20	69,3	65,8	58
30	67,8	64,8	56
40	66,7	64,1	54,7
50	65,7	63,4	53,8
60	64,9	62,8	52,9
70	64,1	62,2	52,1
80	63,3	61,6	51,4
90	62,4	60,7	50,8

Anexo 31. Distribución estadística, Plaza de la Independencia

Tabla de Resultados.						
Familia	Tipo de datos	Pond.	Valor			
			Registro	Punto 1	Punto 2	Nocturno
Leq	Leq	A	65.7	70.0	65.5	
Leq	Max	A	90.0	96.7	85.6	
Leq	Min	A	56.9	56.6	46.9	

Anexo 32.Registro de niveles, Plaza del Teatro.

Conteo Vehicular (1 hora.)					
Punto 1		Punto 2		Nocturno	
Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
588	48	8	36	256	12

Anexo 33.Conteo vehicular, Plaza del Teatro.

Percentiles			
L	Punto 1	Punto 2	Nocturno
10	67,3	68,2	68
20	65,2	66,1	64,7
30	64	64,9	61,8
40	63,3	64	59,6
50	62,5	63,1	57,8
60	62	62,4	55,9
70	61,4	61,7	54,1
80	60,8	60,9	52,6
90	60,1	60	51

Anexo 34.Distribución estadística, Plaza del Teatro.

Tabla de Resultados.					
Familia	Tipo de datos	Pond.	Valor		
		Registro	Punto 1	Punto 2	Nocturno
Leq	Leq	A	64.5	69.1	61.3
Leq	Max	A	80.0	86.9	79.5
Leq	Min	A	55.9	61.2	48.9

Anexo 35.Registro de niveles, Plaza 24 de Mayo.

Conteo Vehicular (1 hora.)					
Punto 1		Punto 2		Nocturno	
Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
312	4	348	16	216	4

Anexo 36.Conteo vehicular, Plaza 24 de Mayo.

Percentiles			
L	Punto 1	Punto 2	Nocturno
10	67,3	70,5	63,7
20	65,5	68,2	61,3
30	64,4	66,8	59,9
40	63,6	65,9	58,6
50	62,8	65,2	57,5
60	62,1	64,6	56,4
70	61,4	64	55,4
80	60,7	63,4	54,3
90	59,8	62,7	52,8

Anexo 37.Distribución estadística, Plaza 24 de Mayo.

Formulario

(1) Densidad espectral

$$P^2(f) = \lim_{f' \rightarrow f} \frac{(P_{ef})^2}{f' - f} [Pa]$$

(2) Velocidad de propagación del sonido

$$c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \left[\frac{m}{s} \right]$$

(3) Aproximación de la velocidad de propagación del sonido

$$c = 331 + 0,6 * t \left[\frac{m}{s} \right]$$

(4) Onda senoidal en función del tiempo

$$P(t) = A \sin(2 * \pi * f * t)$$

(5) Ruido Comunitario con alta densidad poblacional

$$L = 10 \log dp + 16 [dB(A)].$$

(6) Ruido Comunitario con baja densidad poblacional

$$L = 9 \log dp + 22 [dB(A)].$$

(7) Nivel de presión sonora

$$Lp = 10 \log \frac{P^2(t)}{P_0^2} [dB]$$

(8) Nivel de presión sonora continua equivalente

$$Leq = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt [dB]$$

(9) Nivel de contaminación acústica para una distribución gaussiana

$$L_{12p} = L_{2q} + L_{10} - L_{90} [\text{dB}]$$

(10) Nivel de contaminación acústica

$$L_{12p} = L_{2q} - K\sigma [\text{dB}]$$

(11) Nivel sonoro día-noche

$$L_{dn} = 10 \log \frac{1}{24} \left| \frac{\int_7^{22} P_A^2(t) dt + 10 \int_{22}^7 P_A^2(t) dt}{P_{ref}^2} \right| [\text{dB}(A)]$$

(12) Estimación de tráfico diurno

$$q = \frac{0,9 \text{ IMD}}{B}$$

(13) Estimación de tráfico nocturno

$$q = \frac{0,1 \text{ IMD}}{B}$$

(14) Estimación de tráfico para transporte ligero

$$q_{ligeros} = \frac{100 - Pp}{100} q$$

(15) Estimación de tráfico para transporte pesado

$$q_{pesados} = \frac{Pp}{100} q$$

(16) Nivel equivalente de ruido de tráfico

$$L_{1eq10} = L_{eq10} + \Delta L_{vp} + \Delta L_v + \Delta L_N [\text{dB}]$$

(17) Nivel de corrección por velocidad de transporte pesado ($v \leq 90 \text{ Km/h}$)

$$\Delta L_{vp} = 10 \log \left[1 - 0,01Pp + 5 \frac{Pp}{v} \right] [dB]$$

(18) Nivel de corrección por velocidad de transporte pesado ($v > 90 \text{ Km/h}$)

$$\Delta L_{vp} = 10 \log \left[1 - 0,01Pp + 0,056Pp \frac{90^3}{v^3} \right] [dB]$$

(19) Nivel de corrección por velocidad de tráfico rodado

$$\Delta L_v = 30 \log \frac{v}{50} [dB]$$

(20) Nivel de corrección por número de vehículos

$$\Delta L_N = 10 \log \frac{N}{1000} [dB]$$

(21) Cálculo de la incertidumbre de los datos teóricos registrados

$$X = \frac{10}{\sqrt{n}} [dB.]$$

Glosario

A

Ambiental.- Perteneiente o relativo al ambiente (condiciones o circunstancias).

Atenuar.- Minorar o disminuir algo.

Armónico.- En una onda periódica, cualquiera de sus componentes sinusoidales, cuya frecuencia sea un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.

Afección.- Impresión que hace algo en otra cosa, causando en ella alteración o mudanza.

Abiótico.- Se dice del medio donde no puede existir vida.

B

Biótico.- Característico de los seres vivos o que se refiere a ellos.

Biósfera.- Conjunto de los medios donde se desarrollan los seres vivos.

Bienestar.- Conjunto de las cosas necesarias para vivir bien.

Bandada.- Número crecido de aves que vuelan juntas.

C

Confeción.- Acción de preparar o hacer determinadas cosas. Generalmente por mezcla o combinación de otras.

Ciclo.- Serie de fases por las que pasa un fenómeno periódico.

Cuantificar.- expresar numéricamente una magnitud.

Categoría.- Cada una de las clases establecidas en una profesión, carrera o actividad.

Contribución.- Acción y efecto de contribuir.

Consecuencia.- hecho o acontecimiento que se sigue o resulta de otro.

Constante.- Cantidad que tiene un valor fijo en un determinado proceso, cálculo, etc.

Cuestionario.- Lista de preguntas que se proponen con cualquier fin.

D

Diapasón.- Regulador de voces e instrumentos consistente en una lámina de acero doblada en forma de horquilla con pie, y que cuando se hace sonar da un la fijado en 435 vibraciones por segundo.

Densidad.- Cualidad de denso.

Diurno.- Pertenciente o relativo al día.

E

Entorno.- Ambiente, lo que rodea.

Encuesta.- Conjunto de preguntas tipificadas dirigidas a una muestra representativa, para averiguar estados de opinión o diversas cuestiones de hecho.

Entrevista.- Acción y efecto de entrevistar o entrevistarse.

Elasticidad.- Cualidad de elástico.

Emisión.- Acción y efecto de emitir.

F

Fase.- Cada uno de los distintos estados sucesivos de un fenómeno natural.

Fachada.- Paramento exterior de un edificio, generalmente el principal.

Fuente.- Principio, fundamento u origen de algo.

Foco.- Lugar real o imaginario en que está como reconcentrado algo con toda su fuerza y eficacia, y desde el cual se propaga o ejerce influencia.

G

Gasto.- Cantidad que se ha gastado o se gasta.

Gama.- Serie de elementos que pertenecen a una misma clase o categoría.

H

Hipertensión.- Tensión excesivamente alta de la sangre.

I

Impedancia.- Relación entre la magnitud de una acción periódica y la de la respuesta producida en un sistema físico.

Interferencia.- Acción recíproca de las ondas, de la cual puede resultar, en ciertas condiciones, aumento, disminución o anulación del movimiento ondulatorio.

Indicador.- Que indica o sirve para indicar.

Indisposición.- Falta de disposición y de preparación para algo.

Intervalo.- Conjunto de los valores que toma una magnitud entre dos límites dados.

L

Lapso.- Paso o transcurso.

Ligero.- Que pesa poco.

M

Método.- Procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla.

Mitigación.- Acción y efecto de mitigar.

Molesto.- Que causa molestia.

N

Nomenclatura.- Lista de nombres de personas o cosas.

Nocturno.- Perteneciente o relativo a la noche.

P

Prioridad.- Anterioridad de algo respecto de otra cosa, en tiempo o en orden.

Propagación.- Acción y efecto de propagar.

Penalizar.- Imponer una sanción o castigo.

Probabilidad.- Verosimilitud o fundada apariencia de verdad.

Proximidad.- Cualidad de próximo.

Peatonal.- Dicho de una zona urbana reservada para los peatones.

R

Reflectante.- Que refleja.

Recabar.- Pedir, reclamar algo alegando o suponiendo un derecho.

Restricción.- Limitación o reducción impuesta en el suministro de productos de consumo, generalmente por escasez de estos.

Reforzar.- Fortalecer o reparar lo que padece ruina o detrimento.

S

Subjetividad.- Cualidad de subjetivo.

Susceptibilidad.- Cualidad de susceptible.

T

Técnica.- Conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte.

U

Urbano.- Perteneiente o relativo a la ciudad.

V

Vibración.- Cada movimiento vibratorio, o doble oscilación de las moléculas o del cuerpo vibrante.

Vulnerable.- Que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente.