



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN DE RUIDO DE
LAS NORMAS AMBIENTALES ECUATORIANAS PUBLICADAS EN EL 2003 Y 2015

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

Profesor Guía
Luis Alberto Bravo Moncayo

Autor
Milton Ricardo Rivas Fernández

Año
2015

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de 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”

Luis Alberto Bravo Moncayo
Ingeniero Acústico
171171060-6

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

Milton Ricardo Rivas Fernández
172094852-8

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio CYAMBIENTE y al comité técnico que colaboró en la elaboración de la norma, en especial al Ing. Marco Argoti.

A mis hermanas, madre y en especial a mi novia María José.

DEDICATORIA

A mi abuelo
Julio César Rivas Ortega

RESUMEN

La normativa ambiental constituye uno de los instrumentos más utilizados para el control de la contaminación por ruido. Dentro de los reglamentos se pueden establecer disposiciones que limiten la generación de ruido por el uso de suelo del regulado y el horario de operación.

La anterior normativa ambiental nacional para la regulación de la contaminación acústica (Anexo 5 Libro VI del TULSMA, 2003) se limita a la definición del método de medición, donde se considera exclusivamente el uso de ponderación A, entre otras limitaciones técnicas. Es por tal razón, que la revisión de la norma técnica es imprescindible luego de tener 11 años de vigencia.

El desarrollo de la tesis se llevó a cabo en dos etapas, la primera corresponde a una fase de gabinete, donde se formuló un diagnóstico en base a la revisión del proceso de regularización ambiental, la aplicación de las disposiciones reglamentarias de la norma de ruido y la comparación entre la normativa publicada en 2015 y la norma anterior; la segunda etapa comprende la realización de ensayos para comparar el procedimiento de medición.

Por medio de la experiencia práctica, se pudo establecer que el método de medición propuesto para la revisión de la norma, incorpora variables para la cuantificación de los ruidos de baja frecuencia y ruidos de impacto; por otro lado, la reducción de tiempos de medición refleja una determinación mucho más concreta del ruido específico de la fuente, lo cual se traduce en las desviaciones entre las repeticiones por punto de medición. Adicionalmente, en la revisión documental se pudo observar que ciertas disposiciones reglamentarias, como la elaboración de mapas de ruido y la determinación de la percepción del ruido mediante encuestas, requiere de la formulación de instructivos adicionales para su puesta en práctica.

ABSTRACT

Environmental regulations' applying is the mostly used instrument in order to control noise pollution. Regulations may establish provisions to limit noise emissions by the regulated land use and daily operation time.

Earlier national noise pollution regulations (Annex 5 Book VI of TULSMA, 2003), is limited regarding the definition of measurement method, that considers A weighting only, and it can be determined other technical limitations. That is why the review of the technical standard is essential after 11 years of usage.

The development of the present thesis was carried out in two stages; the first one corresponds to an office work, making a diagnostic of environmental regulation process, application of the statutory provisions concerning standard noise and comparison between the regulation published on 2015 and earlier regulations. The second stage comprised a testing to compare the measurement procedure.

Considering practical experiences, it can be established that the proposed measurement method for standard reviewing incorporates variables for quantification of low frequency noise and impact noise; on the other hand, reducing measurement times reflects a much more concrete measurement of a specific noise source, which results in deviations between repetitions per measurement point. In addition, literature reviewing shows that certain regulations such as noise mapping and noise perception determination by using surveys, requires the development of additional instructions for their implementation.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1 Marco Teórico | 5 |
| 1.1 Ecuación de Onda..... | 5 |
| 1.1.1 Principales descriptores..... | 5 |
| 1.2 Contaminación Acústica | 7 |
| 1.2.1 Paisaje Sonoro | 8 |
| 1.2.2 Aspecto Ambiental..... | 9 |
| 1.2.3 Impacto Ambiental | 9 |
| 1.2.4 Afectaciones de la Contaminación Acústica | 10 |
| 1.3 Equipo de Medición | 11 |
| 1.3.1 Sonómetro | 11 |
| 1.3.2 Equipos de Medición Alternativos..... | 13 |
| 1.4 Fundamentos de Metrología..... | 14 |
| 1.4.1 Muestreo..... | 14 |
| 1.4.2 Trazabilidad de los resultados al Sistema Internacional (SI) | 18 |
| 2 Diagnóstico..... | 19 |
| 2.1 Marco Normativo | 20 |
| 2.1.1 Categorización Ambiental..... | 22 |
| 2.1.2 Monitoreo Ambiental..... | 24 |
| 2.2 Normativa de Ruido Ambiental..... | 28 |
| 2.2.1 Muestreo y Evaluación | 28 |
| 2.2.2 TULSMA, Libro VI, Anexo 5 - 2003..... | 29 |
| 2.2.3 Acuerdo Ministerial No. 028, Anexo 5 - 2015 | 33 |
| 2.3 Disposiciones Normativas | 41 |
| 2.3.1 TULSMA, Anexo 5 - 2003..... | 42 |
| 2.3.2 Acuerdo Ministerial No. 028, Anexo 5 - 2015 | 43 |
| 3 Metodología | 46 |
| 3.1 Protocolo de Medición..... | 46 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.2 | Equipos | 46 |
| 3.3 | Control de calidad..... | 48 |
| 3.3.1 | Verificaciones | 49 |
| 3.3.2 | Estimación de Incertidumbre | 49 |
| 4 | Resultados | 50 |
| 4.1 | Caso 1 Fabricación de Tubería PVC | 50 |
| 4.1.1 | Caso 1 - Metodología TULSMA, 2003 | 53 |
| 4.1.2 | Caso 1 – Metodología AM 028, Anexo 5, 2015 | 58 |
| 4.2 | CASO 2 – Fabricación de Muebles | 62 |
| 4.2.1 | Caso 2 - Metodología TULSMA, 2003 | 65 |
| 4.2.2 | Caso 2 - Metodología AM 028, Anexo 5, 2015 | 67 |
| 4.3 | Caso 3 – Producción de Jabonería | 72 |
| 4.3.1 | Caso 3 - Metodología TULSMA, 2003 | 75 |
| 4.3.2 | Caso 3 - AM 028, Anexo 5, 2015..... | 77 |
| 4.4 | Comparación de resultados | 81 |
| 4.5 | Verificaciones del Equipo de Medición..... | 84 |
| 5 | Propuesta | 85 |
| 5.1 | Revisión Versión Impresa Anexo 5 del Acuerdo Ministerial No. 028 | 85 |
| 5.2 | Propuesta Normativa Ambiental | 86 |
| 5.2.1 | Instrumentación | 86 |
| 5.2.2 | Calibraciones y Verificaciones Intermedias | 86 |
| 5.2.3 | Condiciones ambientales..... | 87 |
| 5.2.4 | Funcionamiento de la Fuente | 87 |
| 5.2.5 | Estimación de resultados y criterios de evaluación | 88 |
| 5.2.6 | Contenido del informe de resultados | 88 |
| 5.2.7 | Evaluación y Control de Calidad..... | 89 |
| 5.2.8 | Implantación de Medidas de Control | 90 |
| 5.2.9 | Medidas de Seguridad..... | 90 |
| 5.3 | Políticas Regulatorias..... | 90 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|-----|
| 5.3.1 | Fuentes Móviles..... | 91 |
| 5.3.2 | Mapas de Ruido..... | 91 |
| 5.4 | Revisión de Normas Técnicas..... | 92 |
| 6 | Conclusiones y Recomendaciones..... | 94 |
| 6.1 | Conclusiones..... | 94 |
| 6.2 | Recomendaciones..... | 97 |
| | REFERENCIAS | 99 |
| | ANEXOS..... | 101 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tiempos de muestreo para respuesta temporal en sonómetros | 13 |
| Tabla 2. Componentes de Incertidumbre - Norma ISO 1996-2 | 18 |
| Tabla 3. Regularización Ambiental - Acuerdo Ministerial N°006 y CAN A.M N°006 | 23 |
| Tabla 4. Límites Permisibles RAOHE - Ruido | 27 |
| Tabla 5. Niveles máximos de ruido permisibles - TULSMA 2003..... | 30 |
| Tabla 6. Correcciones por nivel de ruido de fondo - TULSMA 2003 | 32 |
| Tabla 7. Acrónimos y definiciones utilizados en el Anexo 5 AM 028. - 2015.... | 34 |
| Tabla 8. Niveles máximos permitidos para emisiones de ruido FFR – Anexo 5 AM 028 - 2015..... | 37 |
| Tabla 9. Corrección por baja frecuencia..... | 41 |
| Tabla 10. Corrección por ruido impulsivo | 41 |
| Tabla 11. Características del sonómetro..... | 47 |
| Tabla 12. Características técnicas del micrófono | 47 |
| Tabla 13. Especificaciones Pistófono - verificaciones sonómetros | 48 |
| Tabla 14. Resultados del monitoreo de ruido ambiental - TULSMA 2003..... | 55 |
| Tabla 15. Caso 1. Niveles específicos en el AM 028, Anexo 5, 2015 | 60 |
| Tabla 16. Caso 1 Niveles corregido Anexo 5 AM 028 - 2015..... | 61 |
| Tabla 17. Resultados Monitoreo de Ruido Caso 2 - TULSMA 2003 | 66 |
| Tabla 18. Resultados mediciones de campo Caso 2 - TULSMA 2015..... | 68 |
| Tabla 19. Caso 2 Niveles de Ruido Especifico - Anexo 5 AM 028 - 2015..... | 70 |
| Tabla 20. Valores de corrección Kbf, Kr, Kimp – Anexo 5 AM 028 - 2015 | 70 |
| Tabla 21. Resultados Monitoreo de Ruido Caso 3 - TULSMA 2003 | 76 |
| Tabla 22. Resultados mediciones de campo Caso 3 - Anexo 5 AM 028 - 2015..... | 79 |
| Tabla 23. Comparación de resultados Caso 1 | 82 |
| Tabla 24. Comparación de resultados Caso 2 | 83 |
| Tabla 25. Comparación de resultados Caso 2 | 83 |
| Tabla 26. Resultados de las verificaciones con calibradores acústicos | 84 |
| Tabla 27. Cantones más poblados 2010 y proyección al 2020 | 92 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ejemplo distribución de niveles percentiles L90 y L10 respecto al nivel LEQ. | 7 |
| Figura 2. Efectos del ruido sobre el hombre..... | 10 |
| Figura 3. Diagrama básico componentes del sonómetro | 12 |
| Figura 4. Curvas de ponderación frecuencial normalizada A, C y Z..... | 13 |
| Figura 5. Representación de Exactitud y Precisión en ensayos..... | 15 |
| Figura 6. Esquema contribución de incertidumbre. | 16 |
| Figura 7. Municipalidades con departamento de ambiente | 21 |
| Figura 8. Municipios que expidieron normativas ambientales | 22 |
| Figura 9. Izq. Ejemplo control de ruido - medidas empíricas instaladas en centro comercial de Quito..... | 25 |
| Figura 10. Der. Panel de cubeta de huevos y espuma de poliuretano diseño empírico | 25 |
| Figura 11. Ejemplo utilización de parlantes en exteriores - actividades comerciales en uso de suelo mixto residencial / comercial | 27 |
| Figura 12. Sistemática de medición Ruido Ambiental TULSMA 2003..... | 32 |
| Figura 13. Estimación de Lkeq para ruido específico sin características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas..... | 38 |
| Figura 14. Estimación de Lkeq para ruido específico sin características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas | 39 |
| Figura 15. Estimación de Lkeq para ruido específico con características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas..... | 39 |
| Figura 16. Estimación de Lkeq para ruido específico con características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas | 40 |
| Figura 17. Medición ruido ambiental por la unidad de control - 2012 | 44 |
| Figura 18. Sonómetro Sound Pro SP-DL | 47 |
| Figura 19. Micrófono clase 1 | 47 |
| Figura 20. Pistófono Verificaciones | 48 |
| Figura 21. Instalación Equipo de medición..... | 48 |
| Figura 22. Clasificación de usos de suelo - Caso 1..... | 52 |
| Figura 23. Imagen satelital año 2003 - Ocupación del suelo..... | 53 |
| Figura 24. Ubicación de puntos de medición Caso 1 TULSMA – 2003..... | 54 |
| Figura 25. Caso 1 resultados – TULSMA 2003 | 56 |
| Figura 26. Caso 1 resultados repeticiones ruido de fuente horario diurno - TULSMA 2003..... | 57 |
| Figura 27. Caso 1 resultados repeticiones ruido de fuente horario nocturno - TULSMA 2003..... | 57 |
| Figura 28. Ubicación puntos de medición Caso 1 Anexo 5 AM 028 2015..... | 59 |

| | |
|--|----|
| Figura 29. Caso 1 Resultados por repeticiones ruido total Diurno Normativa 2015 | 59 |
| Figura 30. Caso 1 Resultados por repeticiones ruido total Nocturno Normativa 2015 | 60 |
| Figura 31. Der. Resultados Caso 1 Horario Diurno y Nocturno Normativa 2015 | 62 |
| Figura 32. Características uso de suelo - Caso 2..... | 64 |
| Figura 33. Imagen satelital año 2003 - Ocupación del suelo – Caso 2 | 64 |
| Figura 34. Ubicación de puntos de medición - Caso 2 TULSMA 2003..... | 65 |
| Figura 35. Resultados Caso 2 Horario diurno- TULSMA 2003..... | 66 |
| Figura 36. Niveles de presión sonora ruido de fuente por repeticiones Caso 2 - TULSMA 2003 | 67 |
| Figura 37. Puntos de medición Caso 2 - TULMSA 2015 | 68 |
| Figura 38.Ruido Total Caso 2 – Normativa 2015 | 69 |
| Figura 39. Resultados de ruido específico y nivel corregido Anexo 5 AM 028 - 2015..... | 71 |
| Figura 40. Uso del suelo Caso 3 | 73 |
| Figura 41. Imagen satelital año 2003 - Ocupación del suelo..... | 74 |
| Figura 42. Ubicación de puntos de medición - Caso 3 TULSMA 2003..... | 75 |
| Figura 43. Resultados Caso 3 Horario Nocturno- TULSMA 2003 | 76 |
| Figura 44. Niveles de presión sonora ruido de fuente por repetición Caso 3- TULSMA 2003 | 77 |
| Figura 45. Puntos de medición Caso 3 - Anexo 5 AM 028 – 2015 | 78 |
| Figura 46. Ruido Total P1 – Anexo 5 AM 028 - 2015 | 79 |
| Figura 47. Resultados de ruido específico y nivel corregido Lkeq Anexo 5 AM 028 - 2015..... | 80 |
| Figura 48. Porcentaje de cumplimiento | 81 |

INTRODUCCIÓN

En Ecuador se emite la primera edición del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA), en el año 2003. El Anexo 5 del Libro VI, define el procedimiento de medición para ruido ambiental, estableciendo la metodología nacional para la caracterización de emisiones de ruido producidas por fuentes fijas y móviles, las consideraciones para la estimación de resultados y los límites máximos permitidos de acuerdo a usos de suelo y horario de funcionamiento de las fuentes sonoras.

El procedimiento de medición para ruido ambiental vigente en el TULSMA, Libro VI, Anexo 5 y la Norma Técnica Resolución No. 002 SA-2015 de la Ordenanza Metropolitana No. 404, del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), cuenta con una serie de limitaciones técnicas, por ejemplo, solamente considera la toma de una muestra, con una duración de diez minutos (para ruido fluctuante) o un minuto de duración (para ruido estable) del nivel de presión sonora equivalente (LEQ) producido por la fuente y del ruido de fondo o ruido percibido en el sitio en ausencia del generado por la fuente. Las limitaciones de esta norma han causado que tanto las mediciones como las evaluaciones de ruido ambiental no sean confiables, debido al método de medición, los criterios de evaluación y las disposiciones generales de la normativa.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) en el año 2012, designó un equipo consultor para la actualización de los Anexos de Libro VI del TULSMA, sin embargo, para el Anexo 5 de ruido no se realizaron modificaciones que representen una mejora tanto para el procedimiento como para la evaluación. Por citar un ejemplo, una disposición de la propuesta:

“4.1.2.6 Medición de Ruido Estable.- Debe colocarse el micrófono o el sonómetro en cada punto de medición apuntando hacia la fuente y girándolo en ángulo de 45°, cada 15 segundos, por un lapso no menor de 5 minutos, durante los cuales se registra ininterrumpidamente la señal. Al cabo de dicho período se mueve el micrófono al siguiente punto y se repite la operación. Durante el

cambio se detiene la grabación o almacenamiento de la señal, dejando un margen en la misma para indicar el cambio del punto” (Ministerio del Ambiente, 2012, p. 7).

El MAE, al percatarse de las falencias que tenía la norma, plateó reunir un comité Ad-Hoc de expertos en ruido para revisarla; finalmente, este comité re escribió la norma.

En el año 2013, el DMQ identificó la necesidad de cambiar las normas técnicas al entrar en vigencia la Ordenanza Metropolitana No. 404, con lo cual propone una normativa de mayor contenido técnico, donde se plantea la caracterización de ruidos impulsivos y de baja frecuencia. Sin embargo, la propuesta fue sometida a revisiones en discusiones y foros de presentación de la misma; en esta etapa, no se llevó a cabo un ejercicio inter laboratorio o una convocatoria para llevar a la práctica lo planteado. Al final del proceso, las normas técnicas fueron publicadas en el año 2014 pero el documento no incluyó todas las modificaciones proyectadas.

Este trabajo de titulación considera la puesta en práctica del procedimiento propuesto en 2015 para la normativa nacional conjuntamente con la metodología del 2003, la comparación de los resultados y la elaboración de una propuesta metodológica, de acuerdo a las deficiencias que se logren identificar de la norma de 2015.

Objetivos

Objetivos generales

Analizar y comparar la norma ecuatoriana de medición de ruido ambiental publicada en 2003 y la normativa del Ministerio del Ambiente del Ecuador de 2015 y proponer una metodología de medición y evaluación para fuentes fijas de ruido.

Objetivos específicos

1. Realizar mediciones de fuentes fijas de ruido utilizando las metodologías de las normas ecuatorianas ambientales publicadas en 2003 y 2015.
2. Comparar los resultados obtenidos en cada metodología y estimar, en lo posible, la incertidumbre de resultados.
3. Analizar en detalle las ventajas y desventajas de la propuesta del Ministerio del Ambiente 2015, en comparación con la norma ambiental publicada en 2003.
4. Proponer un método de medición y evaluación de ruido ambiental para fuentes fijas de ruido.

Justificación

De acuerdo al censo de 2010, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) evidencia que entre el 30 y el 40% de las industrias o empresas nacionales están ubicadas en Quito, lo cual permite afirmar que en el DMQ se ubica una parte importante de las industrias del Ecuador, las cuales están en la capacidad de generar contaminación por ruido, entre otros impactos ambientales. Además de considerar el tamaño del parque automotor de la ciudad y las áreas de entretenimiento que conforman el ambiente sonoro de la misma, para garantizar el bien estar de sus ciudadanos, se debe garantizar el control de las emisiones de ruido.

La normativa ambiental vigente Anexo 5 TULSMA Libro VI, emitido en 2003, contempla exclusivamente el uso de ponderación A, lo cual reduce el rango de frecuencias evaluadas entre 500 y 4000 [Hz]. La propuesta del MAE considera la caracterización de los sonidos de baja frecuencia, utilizando la ponderación C y la impulsividad del ruido. Por lo expuesto, se requiere de un proyecto de investigación que permita comparar los métodos de medición de ruido ambiental entre la norma de 2003 y la de 2015.

Alcance

El trabajo de titulación se desarrolla con la realización de ensayos simultáneos bajo el procedimiento vigente desde 2003 y la normativa publicada en el año 2015, mediante Acuerdo Ministerial No. 028, en el Registro Oficial Año II-N 270, el 13 de febrero de 2015. Dentro de esta etapa se identificará las oportunidades de mejora de las experiencias prácticas y se formulará una propuesta de metodología para medición y evaluación del ruido ambiental.

Para la validación se plantea realizar al menos 3 ensayos en distintos establecimientos (regulados) del DMQ, los cuales deben contar con los permisos ambientales. Por reserva de información, solamente se podrá dar una descripción general del lugar de medición, indicando la actividad productiva que se realiza, la fuente de contaminación acústica y los receptores de los efectos de esta actividad.

Debido a que el equipo de medición puede generar desviaciones, para el desarrollo del trabajo se utilizaron sonómetros y patrones con certificados de calibración vigentes, de tal forma que se pueda garantizar la trazabilidad al Sistema Internacional (SI). Para solventar este requerimiento se cuenta con el apoyo del Laboratorio CYAMBIENTE.

1 Marco Teórico

1.1 Ecuación de Onda

La acústica, vista como fenómeno físico, considera la propagación de una vibración a través de un medio elástico. La propagación en el aire es capaz de generar una sensación auditiva en los receptores.

La siguiente expresión matemática, define el movimiento de partículas en el aire.

$$y = A \text{ Sen}(wt + \emptyset) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

A: Corresponde a la amplitud del sonido

W: La frecuencia del sonido [rad/s]

t: Tiempo [s]

\emptyset : Angulo de fase.

1.1.1 Principales descriptores

En acústica ambiental se cuenta con una serie de descriptores que pueden ser utilizados para cuantificar un nivel de ruido, entre los más comunes se puede mencionar los que siguen.

1.1.1.1 Nivel de presión Sonora (NPS)

Para contar con un solo valor que cuantifique la energía, se emplea la relación matemática entre una presión acústica respecto a una presión de referencia, en escala logarítmica se la conoce como Nivel de presión sonora (NPS). En este caso, la presión de referencia corresponde a 2×10^{-5} [N/m²] y es la presión más baja detectada por el oído humano, a un tono puro de 1[kHz].

$$\text{NPS} = 20 \log \left(\frac{P}{P_{\text{ref}}} \right) [\text{dB(A)}]$$

(Ecuación 2)

Dónde:

P: Presión Acústica [N/m^2]

Pref: Presión de referencia 2×10^{-5} [N/m^2]

1.1.1.2 Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (LEQ)

“El nivel de presión sonora es diez veces el logaritmo decimal de la división entre una presión sonora cuadrática obtenido durante un periodo de tiempo y la presión acústica de referencia donde la presión sonora se obtiene con una ponderación frecuencial normalizada” (Organismo Internacional de Normalización ISO, 2005, p.8).

$$L_{AeqT} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A(t)^2 / p_{ref}^2 \right] [\text{dB(A)}]$$

(Ecuación 3)

Dónde:

T: corresponde al tiempo de medición

$p_A(t)$: presión sonora instantánea durante el funcionamiento de la fuente,

p_{ref} : presión acústica de referencia (20 [μPa])

1.1.1.3 Niveles Percentiles

Los niveles percentiles son valores obtenidos en función de un nivel de presión sonora ponderado en frecuencia y tiempo, de acuerdo a un valor porcentual N, así se pueden considerar:

- Percentil L10: Es el nivel que se superó el 10% del periodo de medición.
- Percentil L90: Es el valor de ruido que sobrepasó el 90% del tiempo de medición.

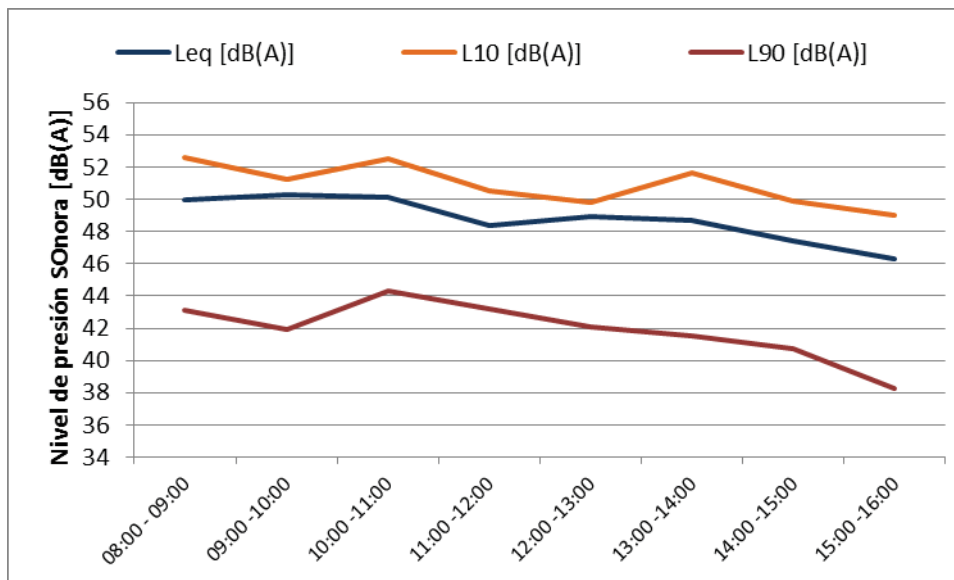


Figura 1. Ejemplo distribución de niveles percentiles L90 y L10 respecto al nivel LEQ.

Tomado de Montrun N., 2006.

1.1.1.4 Nivel día – noche (LDN)

El nivel sonoro equivalente día-noche (LDN) es el nivel de presión sonora equivalente compuesto por una corrección de +10 [dB] en ruidos producidos entre las 22:00 y las 7:00 (Coneza, 2003, p. 196).

$$LDN = 10. \log \frac{1}{24} \left[\int_{07:00}^{22:00} \frac{P_A^2}{P_{ref}^2} dt + 10. \int_{22:00}^{07:00} \frac{P_A^2}{P_{ref}^2} dt \right]$$

(Ecuación 4)

Dónde:

$p_A(t)$: presión sonora instantánea durante el funcionamiento de la fuente,

p_0 : presión acústica de referencia (20 [μPa])

1.2 Contaminación Acústica

Se puede entender a la contaminación acústica como la generación de emisiones sonoras que directa o indirectamente afectan al hombre, por medio

de su sentido del oído, generando la percepción de sonidos indeseados o ruido (Coneza, 2003, p. 195).

La contaminación acústica es invisible, no tiene olor, desaparece cuando se apaga la fuente y no deja trazas en el ambiente; por tanto sus características difieren de la contaminación del agua, suelo y aire. Es por esta razón que la mayoría de personas consideran importante la exposición al ruido cuando experimentan disminución de su capacidad auditiva, cuando en realidad esta alteración se produce por la exposición a ruido durante tiempos prolongados (González, 2014).

La contaminación acústica implica la modificación de un paisaje sonoro permanente o temporal con la generación de ruido producido por una fuente de ruido (fija o móvil). Los receptores próximos a las fuentes de ruido pueden exponerse a sonidos de diversas tonalidades.

1.2.1 Paisaje Sonoro

En 1969, el ambientalista Raymond Murray Schafer definió el concepto de paisaje sonoro, el cual considera al ruido ambiental como un elemento de comunicación entre el hombre y el medio urbano, de tal forma que el ruido ambiental a más de ser un elemento físico del entorno, debe promover reacciones, precautelando la salud, bienestar físico, mental y social de todos los miembros de la comunidad (González, 2006, p. 48).

Se puede considerar que la alteración de un paisaje sonoro por la interacción de una fuente fija de ruido, constituye la contaminación acústica de una comunidad o ecosistema.

1.2.1.1 Ruido Específico

De acuerdo a las definiciones de la norma técnica ISO 1996 Parte 1, (Organismo Internacional de Normalización ISO, 2005, p.19) el ruido específico es un elemento del ruido ambiental que se puede identificar específicamente respecto a otros componentes y que está asociado a una fuente determinada.

1.2.1.2 Ruido Residual

El ruido residual es aquel que permanece en un ambiente determinado, donde se suprime los ruidos específicos en estudio (Organismo Internacional de Normalización ISO, 2005, p. 9).

Para obtener el nivel más bajo de ruido residual, se deben suprimir todos los ruidos específicos.

1.2.1.3 Ruido Impulsivo

La definición de la norma ISO 1996-1 (Organismo Internacional de Normalización ISO, 2005, p.11) señala que el ruido impulsivo corresponde a un evento sonoro con un nivel de presión sonora elevado en periodos menores a 1 segundo.

Las fuentes típicas de ruido impulsivo corresponden a sonidos asociados a explosiones, a detonaciones, a la manipulación de herramientas de impacto como martillos o taladros, el paso de un avión militar, entre otros.

1.2.1.4 Ruido Total

El ruido total está presente en una situación y momento particular. Generalmente el ruido total está conformado por ruidos emitidos por varias fuentes. Cuando se realizan mediciones, el sonómetro registra niveles de presión sonora de ruido total.

1.2.2 Aspecto Ambiental

“Elementos de los proyectos, obras o actividades que pueden interactuar con el ambiente causándole un impacto positivo o negativo” (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 98).

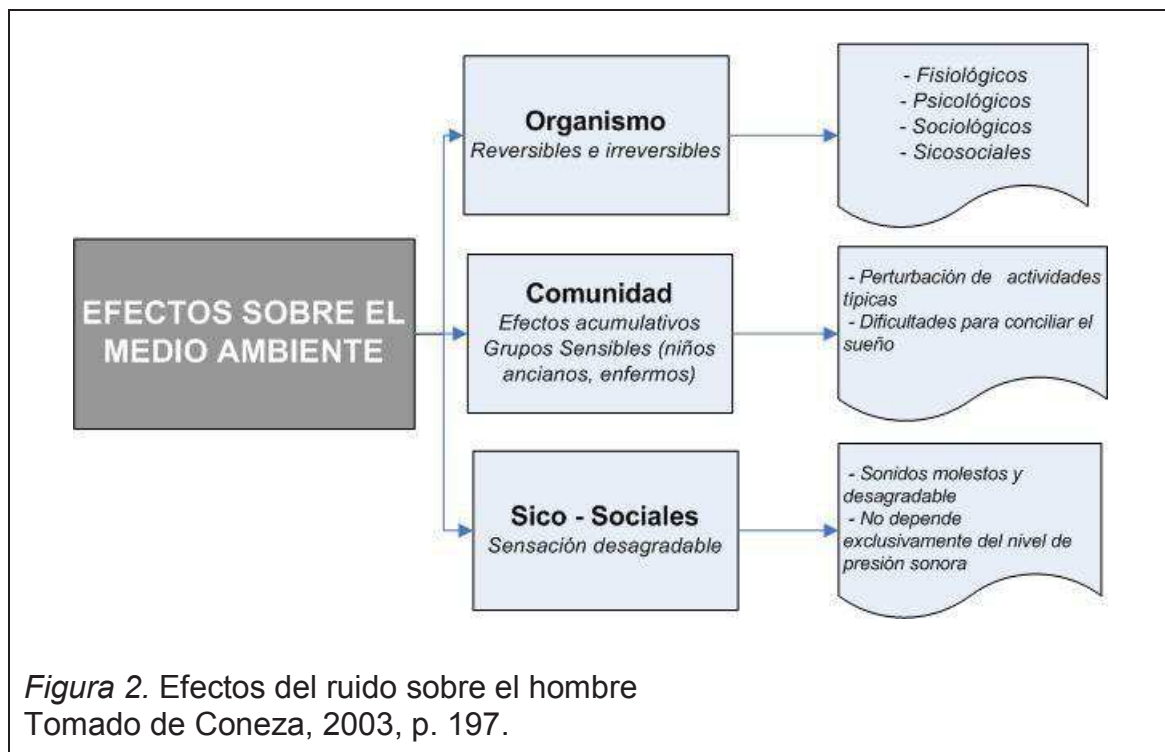
1.2.3 Impacto Ambiental

“Es la alteración positiva o negativa del medio ambiente provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada” (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 98).

1.2.4 Afectaciones de la Contaminación Acústica

La exposición a ambientes ruidosos genera afectaciones a la salud física y mental del ser humano. Se puede establecer que los efectos del ruido se dividen en impactos auditivos y efectos extra auditivos. La generación de un trauma acústico permanente o temporal, se puede considerar como uno de los mayores efectos del ruido. Se considera como efectos extra auditivos a las alteraciones fisiológicas del cuerpo humano, entre las que se pueden mencionar alteraciones al sistema respiratorio, estrés, alteraciones del sueño, agresividad, interferencia en la comunicación (González, 2015, p.344).

Desde el punto de vista de impactos ambientales, se puede dividir a los efectos sobre el medio ambiente como impactos al organismo, a la comunidad y los impactos sicosociales. (Coneza, 2003, p. 197).



En el caso de la evaluación de ruido ambiental, una actividad u operación genera una modificación del paisaje sonoro de los residentes colindantes al predio donde se ubican las fuentes fijas de ruido.

Partiendo del concepto de paisaje sonoro, se puede considerar como contaminación acústica la modificación, temporal o permanente, de un paisaje sonoro. Un receptor tendrá una memoria auditiva de su entorno compuesto por un número específico de fuentes. Si se incorpora una o varias fuentes fijas de ruido a su entorno, las puede diferenciar de las existentes. De acuerdo a las características sonoras de las emisiones producidas se puede afectar el confort de los receptores.

1.3 Equipo de Medición

El equipo utilizado como estándar para el muestreo de ruido ambiental es un sonómetro. La norma IEC 61672 especifica dos clases de sonómetros, las clases 1 y 2, que se diferencian entre sí por su precisión y tiempo de estabilización. Para el caso de evaluaciones ambientales de ruido, se pueden utilizar sonómetros correspondientes a cualquiera de las dos clases.

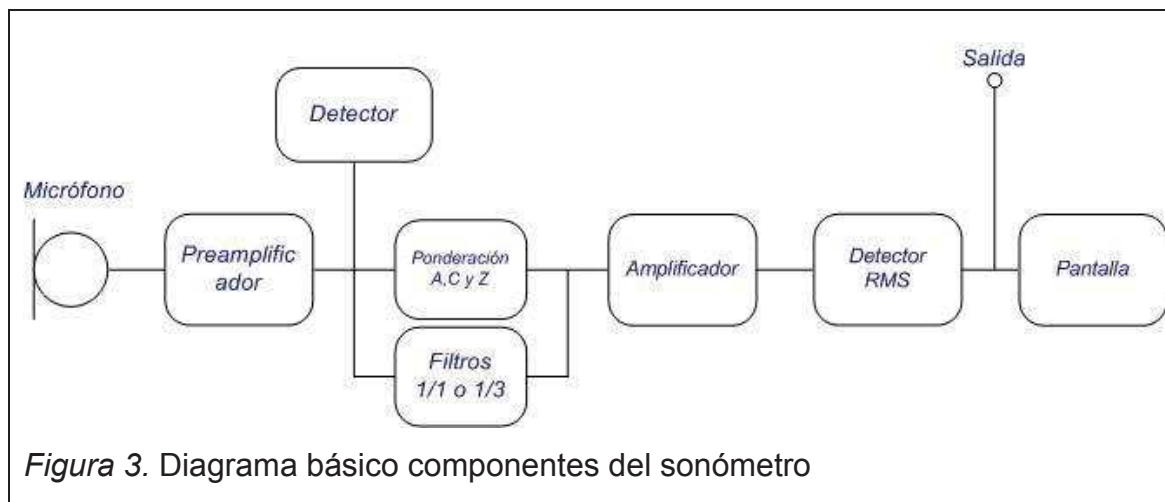
La normativa ecuatoriana publicada en 2003 incluye la clasificación anterior de los equipos de medición (sonómetros) donde se incluye el sonómetro Tipo 0 y el uso de equipos no integradores que en la actualidad ya no son fabricados por ninguna empresa comercial.

Para las verificaciones del sonómetro se utilizan pistófonos (calibradores), estos elementos generan al menos un tono puro a un nivel de presión sonora específica. Al igual que los sonómetros, se pueden encontrar dos clases de pistófonos, de acuerdo al cumplimiento de requisitos de estándares de normalización de los equipos. Los pistófonos empelados para la verificación de equipos, usualmente suelen generar un tono puro de 1000 [Hz] a un nivel de presión sonora de 94,0 [dB]; nivel equivalente a 1,0 [Pa] de presión acústica.

1.3.1 Sonómetro

De acuerdo a (Gerges, 1998, p. 91) un sistema básico consiste en un micrófono, con una alta fidelidad, capaz de convertir la presión acústica en señales eléctricas, la señal de baja amplitud pasa por un preamplificador lineal para seguir a través de los filtros de ponderación frecuencial normalizada (A, C,

o Z), en esta etapa, una señal paralela puede ser enviada a una sesión de filtros pasa banda (1/1 o 1/3 de octava). Posterior al filtrado, la señal pasa a otra amplificación y continúa por un detector RMS con varios tiempos de medida. La señal es enviada a una pantalla para que el usuario pueda visualizar los resultados. La salida analógica del equipo permite el monitoreo en un osciloscopio, la evaluación digital (FFT) entre otras opciones del usuario.



1.3.1.1 Ponderación Frecuencial Normalizada A, C y Z

De acuerdo a las características del oído humano, este no tiene una respuesta plana a todas las frecuencias, la mayor sensibilidad se encuentra en la banda de 2 a 5 [kHz]. En función de estas características del oído se establecieron curvas de ponderación, para dividir el contenido tonal del sonido y cuantificar sectores específicos de todo el ancho de banda.

La ponderación A, asigna a cada frecuencia un peso que está relacionado a la sensibilidad del oído a esa frecuencia, así esta ponderación muestra una respuesta similar a la del oído humano. En la ponderación C, se refleja el contenido de bajas frecuencias de un sonido, esta característica es utilizada en las evaluaciones ambientales al comparar niveles de presión sonora equivalente en las dos ponderaciones. La ponderación Z, tiene una distribución prácticamente uniforme sobre rango audible, en este caso se suele utilizar esta ponderación para las mediciones de contenido espectral (Kinsler, 1992, p. 370).

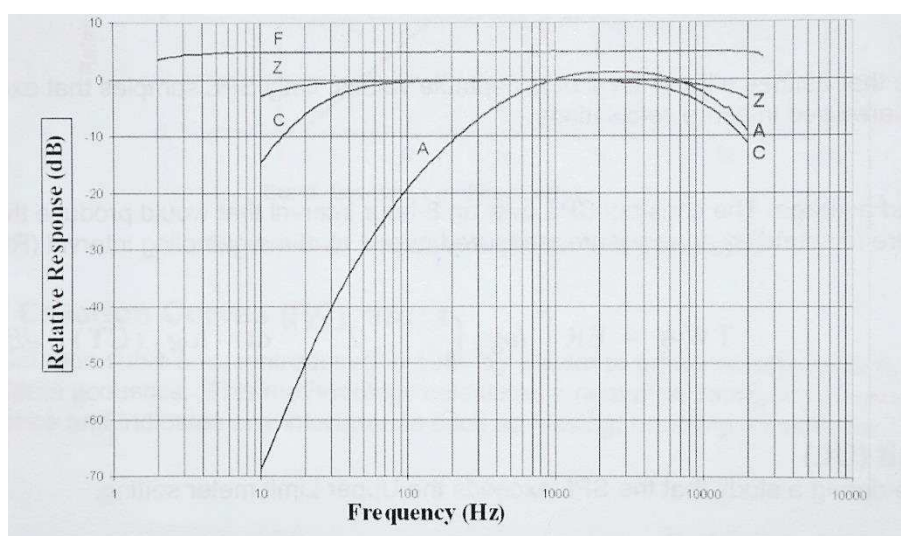


Figura 4. Curvas de ponderación frecuencial normalizada A, C y Z
Tomado de 3M QUEST, 2012, p. 147.

1.3.1.2 Respuesta de tiempo Lenta, Rápido e Impulsiva

Los circuitos del sonómetro permiten realizar ponderaciones de tiempo, las cuales son utilizadas para fijar el número de muestras. Esta ponderación se fija en función de especificaciones del método de ensayo.

Tabla 1. Tiempos de muestreo para respuesta temporal en sonómetros

| Respuesta Temporal | Tiempo de Integración |
|---------------------|-----------------------|
| Rápida – Fast | 0,125 [s] |
| Lenta – Slow | 1 [s] |
| Impulsiva - Impulse | 0,035 [s] |
| Peak | 0,001 [s] |

1.3.2 Equipos de Medición Alternativos

En la actualidad, se pueden encontrar sistemas de medición con mayor funcionalidad que la que puede entregar un sonómetro. En su mayoría, los equipos están compuestos por un micrófono exterior, una interface usualmente con varias entradas y el procesamiento de las señales se realiza en un ordenador mediante un software especializado.

La desventaja de estos equipos radica en la calibración del sistema, ya que al estar dividido en varios componentes, usualmente cables, interface, micrófono, etc., se requiere contar con certificados de calibración para cada uno de ellos.

1.4 Fundamentos de Metrología

La Metrología es la ciencia que estudia a los sistemas de medidas y pesas. De acuerdo con el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) (BIPM, 2008), esta ciencia considera todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, sin establecer la incertidumbre de medida y su campo de aplicación.

1.4.1 Muestreo

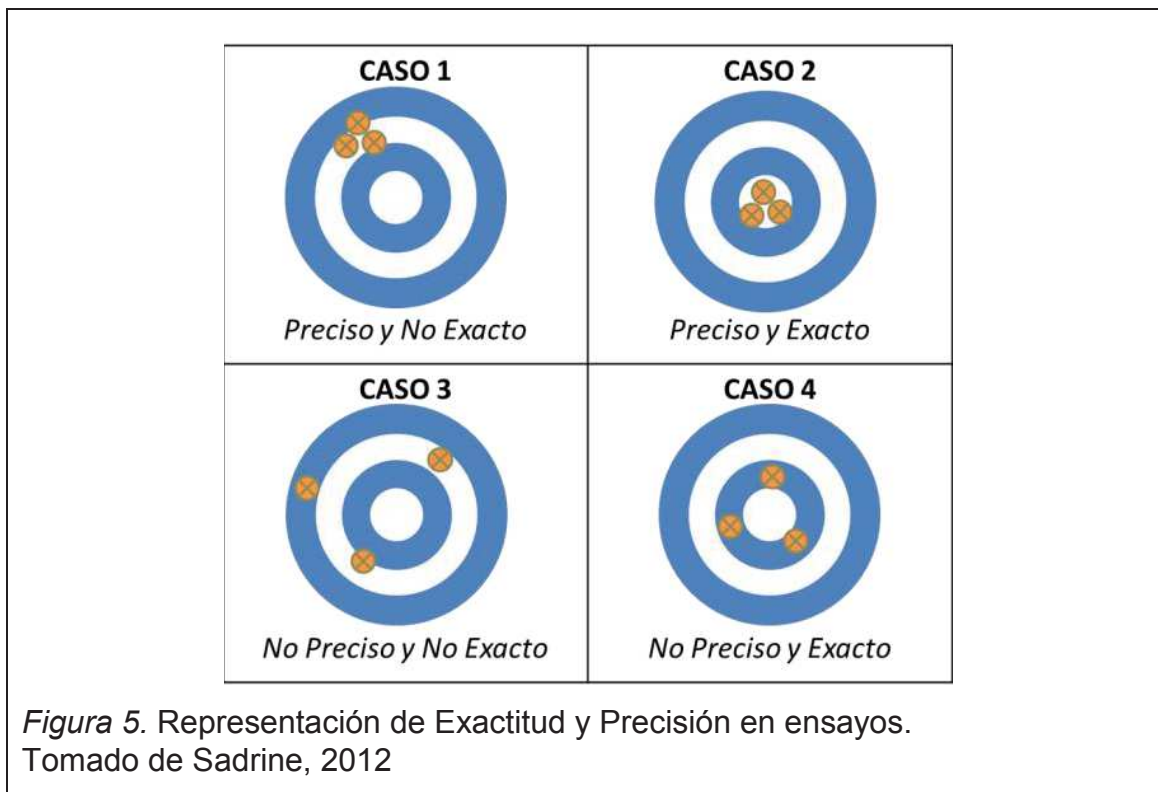
De acuerdo a la norma ISO 17025 (Organismo Internacional de Normalización ISO, 2005, p. 20) el muestreo corresponde a la elaboración de un plan o procedimiento del laboratorio, que permita tomar una parte de un todo mediante la aplicación de métodos estadísticos apropiados.

1.4.1.1 Repetibilidad y Reproducibilidad del Ensayo

Por repetitividad, se entiende al conjunto de condiciones donde se sigue el mismo procedimiento de medida, se utiliza el mismo sistema de medidas, iguales condiciones de operación, el mismo espacio físico y el mismo operador encargado de tomar mediciones repetidas del mismo objeto o magnitudes iguales. La reproducibilidad de un ensayo considera la variación de diferentes lugares, operadores, sistemas de medida y mediciones repetidas de objetos similares o magnitudes iguales (BIPM, 2008, p. 31).

Las condiciones de reproducibilidad son utilizadas para la validación de métodos de ensayos, ya que se consideran variaciones en aspectos ajenos a la magnitud que se requiere cuantificar. Al reproducir un ensayo, se puede garantizar la competencia de una organización o técnico para la realización del ensayo en particular.

Para la ejecución de ensayos, usualmente se fija condiciones de repetibilidad, fijando un mínimo de tres repeticiones, para identificar la precisión del operador en sus mediciones, esta contribución es considerada para la estimación de incertidumbre de las mediciones.



La figura anterior es una representación de las condiciones usuales para la exactitud y la precisión. Para lograr una medición veraz, se necesita tener exactitud y precisión en las mediciones; en el caso de mediciones donde se utilizan sonómetros, la exactitud se puede verificar mediante el uso de calibradores (patrones de referencia) con lo que se puede evidenciar la desviación del equipo respecto a una presión acústica conocida. La exactitud estará determinada por las desviaciones generadas en una serie de mediciones consecutivas realizadas por el mismo operador, equipo de medición y el mismo lugar.

1.4.1.2 Incertidumbre

La Guía para la estimación de la incertidumbre (GUM) (Joint Committee for Guides in Metrology JCGM, 2008) considera que el término incertidumbre hace

referencia al resultado de una medida el cual define el rango de valores que pueden atribuirse al resultado de la medición. En otras palabras la incertidumbre de la medida puede interpretarse como la duda sobre la validez del resultado de una medición.

Para establecer el valor de incertidumbre de una medición se debe considerar el aporte de varios componentes correspondientes a: errores aleatorios y sistemáticos cuantificables y no cuantificables, los equipos de medida, el ítem a medir, el proceso de medida, la habilidad del operador, las condiciones ambientales, entre otros factores que pueden alterar el resultado de la medida.

De acuerdo al GUM, los componentes de incertidumbre se pueden clasificar en dos grupos, en función del método utilizado para establecer su valor:

- TIPO A: Valoradas a partir del análisis de series de observaciones (procedimientos estadísticos)
- TIPO B: Evaluadas mediante referencias, certificado de calibración, experiencia, especificaciones entre otros criterios no estadísticos.

En la práctica la estimación de la incertidumbre típica de un mensurando (magnitud que se requiere medir) se debe determinar y valorar los componentes de incertidumbre individuales.

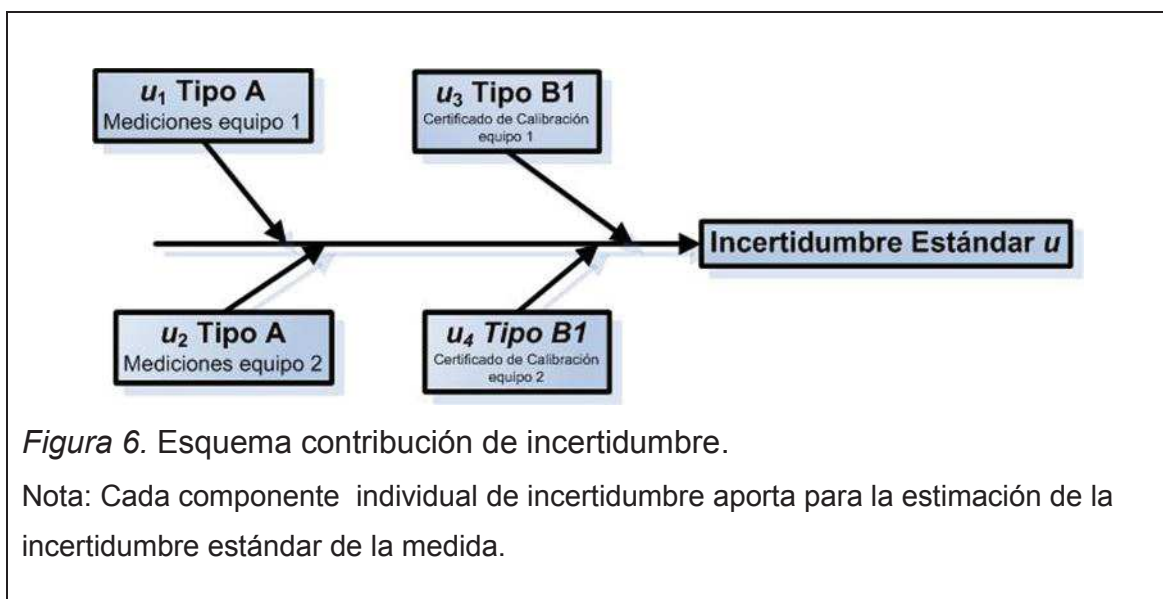


Figura 6. Esquema contribución de incertidumbre.

Nota: Cada componente individual de incertidumbre aporta para la estimación de la incertidumbre estándar de la medida.

La incertidumbre estándar es obtenida de la raíz cuadrada de la suma cuadrática de los componentes de incertidumbre.

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n [u(x_i)]^2}$$

(Ecuación 5)

Dónde:

u_c : Incertidumbre estándar

$u_{(x_i)}$: Componentes individuales de incertidumbre

La incertidumbre expandida se obtiene multiplicando la incertidumbre estándar (u) por un factor de cobertura (k) que certifique un nivel de confianza; habitualmente se asume una distribución normal ($k=2$), con lo que se supone tener un nivel de confianza aproximado del 95% (JCGM, 2008, págs. 25-28).

$$U = k u_c$$

(Ecuación 6)

El valor de incertidumbre expandida U , se expresa con dos cifras significativas y con un símbolo de “±”. Se debe especificar el valor de k utilizado para la estimación de la incertidumbre.

1.4.1.2.1 Estimación de Incertidumbre ISO 1996-2

La incertidumbre de los niveles de presión sonora determinados de acuerdo a la Norma ISO 1996, considera cuatro componentes de incertidumbre. El cálculo se realiza conforme a lo definido en la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida GUM. La estimación de la incertidumbre de medida considera cuatro componentes de incertidumbre:

Tabla 2. Componentes de Incertidumbre - Norma ISO 1996-2

| 1) Instrumentación | 2) Condiciones de Funcionamiento | 3) Condiciones Meteorológicas y del terreno | 4) Sonido Residual |
|--|---|--|--|
| 1.0 <i>Para sonómetros clase 1 (Norma IEC/61672-1) para equipos clase 2 u otros instrumentos el valor puede ser mayor.</i> | X <i>Determinado a partir de al menos tres mediciones en condiciones de repetibilidad (mismo operador, equipo, procedimiento y mismo lugar)</i> | Y <i>Depende de las distancias de medición y las condiciones meteorológicas durante la toma de muestras.</i> | Z <i>El valor varía dependiendo de la diferencia entre los valores totales medidos y el sonido residual.</i> |

El cálculo de incertidumbre estándar se realiza mediante la ecuación empleada para todos los casos (Ecuación 5).

1.4.2 Trazabilidad de los resultados al Sistema Internacional (SI)

La trazabilidad en Metrología hace referencia a una sucesión ininterrumpida y documentada de calibraciones y cada una de ellas contribuye con una incertidumbre de medida (Bureau International des Poids et Mesures BIPM, 2008). En otras palabras, la trazabilidad de las mediciones comprende una verificación de los instrumentos de medida con patrones que a su vez han sido calibrados metrológicamente en una mayor jerarquía, estableciendo una cadena entre el equipo de medida y un patrón de referencia de carácter nacional o mundial, de tal forma que se pueda establecer una incertidumbre asociada producto de todas estas comparaciones.

Las ventajas de demostrar trazabilidad de los resultados al SI, permite que los resultados sean reconocidos a nivel internacional ya que garantizan la relación de las unidades de medidas a valores de mayor veracidad.

Desde el año 2012, el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE) es signatario de acuerdos internacionales con el organismo de Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC), con lo cual se garantiza que las acreditaciones emitidas en el Ecuador sean reconocidas internacionalmente por los estados firmantes de estos acuerdos, al igual que los resultados de las mediciones obtenidos por los laboratorios acreditado por el SAE.

2 Diagnóstico

La normativa ambiental para el componente ruido, está enfocada en proteger la salud y bienestar de las personas mediante la exigencia de no generar emisiones de ruido superiores a un nivel específico, de acuerdo a la ocupación del suelo (TULSMA, 2003, p. 416). La normativa comprende la especificación de definiciones utilizadas, disposiciones generales, procedimientos para toma de muestras, límites máximos permisibles y políticas para la gestión del ruido ambiental.

La regularización ambiental en el país se logra una vez obtenida la licencia ambiental emitida por parte de la autoridad ambiental y la implementación de un Plan de Manejo Ambiental (PMA). El proceso de regularización depende de los impactos y riesgos ambientales estimados para cada actividad económica. Uno de los impactos ambientales habituales de toda actividad son las emisiones de ruido, por tanto el monitoreo de ruido ambiental se realiza en la mayoría de actividades productivas en el país, sin embargo muchas están catalogadas como de menor impacto ambiental, o Categoría I, según el Catálogo de Categorización Ambiental Nacional (CCAN), tales como bares, restaurantes y talleres mecánicos, que no tienen obligación de realizar mediciones de ruido ambiental.

El Anexo 5 Libro VI TULSMA 2003, cuenta con ciertas limitaciones que han dificultado la gestión de ruido ambiental en el país. La norma vigente hasta febrero de 2015, se basaba en la medición de niveles de presión sonora equivalente LEQ en ponderación A, es decir las valoraciones consideran únicamente el rango de frecuencias centrales de todo el espectro de frecuencias audible. Tampoco se pueden encontrar regulaciones para actividades que se localicen en áreas protegidas o ecosistemas sensibles como son las actividades petroleras y minería a gran escala, a pesar de la vigencia de reglamentos específicos para estos sectores industriales.

La norma ambiental de 2015, incluye métodos de medición para fuentes de ruido que generen emisiones con contenido de baja frecuencia y características

impulsivas, además de incluir regulaciones para conocer la percepción de ruido de los receptores cercanos a las fuentes de ruido como una actividad del plan de relaciones comunitarias del PMA. Además de establecer competencias de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), para regular el uso de altavoces o sistemas de sonido dentro sus jurisdicciones y la generación de mapas de ruido para municipalidades con una población mayor o igual a 250.000 habitantes, que permitan controlar la contaminación acústica y la planificación de ocupación del suelo.

2.1 Marco Normativo

La regularización ambiental es el proceso por el cual se normaliza ambientalmente una actividad bajo los lineamientos definidos en la legislación ambiental aplicable para cada una de las categorías expuestas en el CCAN y los requerimientos particulares de las Autoridades Ambientales de Aplicación responsable (AAAr). Una vez que se verifique la aplicación de los requisitos de la normativa ambiental y la aprobación del trámite habilitante, la AAAr emite la licencia ambiental o certificado habilitante según corresponda (Ministerio del Ambiente, 2014).

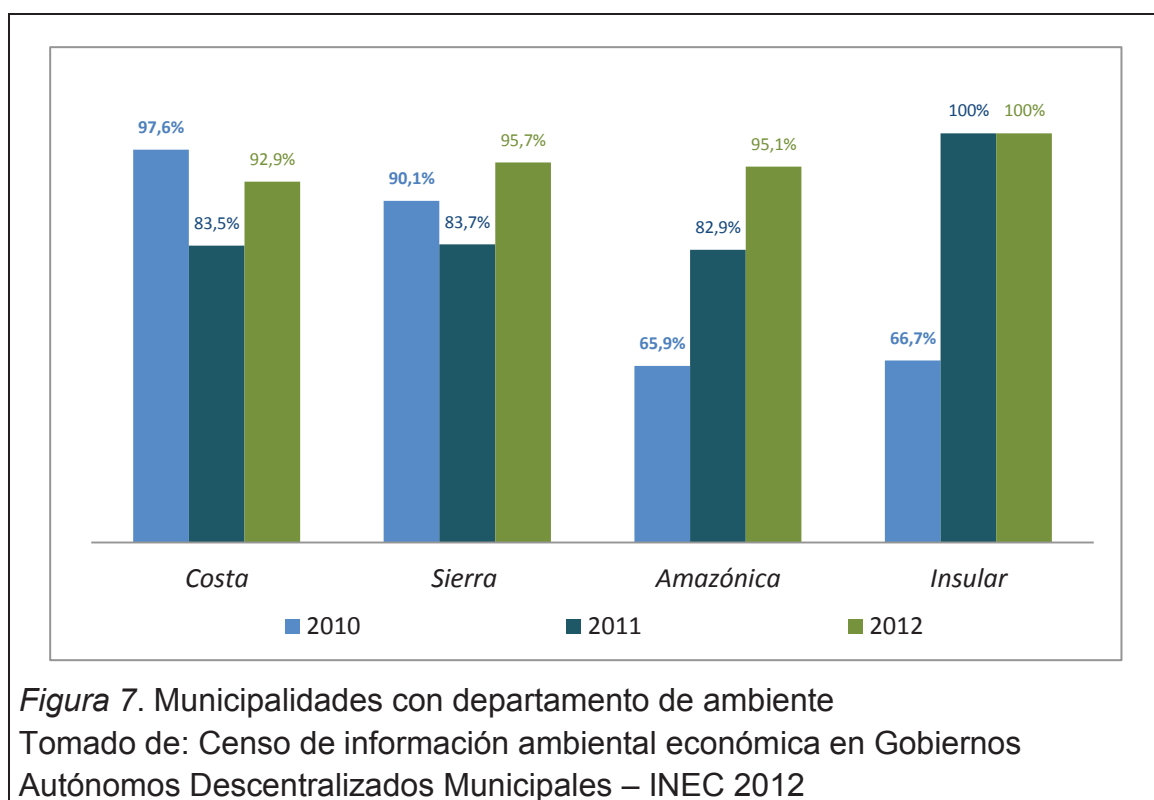
La Constitución de la República del Ecuador (CRE) en el artículo 138, establece que *“Las actividades financieras podrán ejercerse previa autorización del Estado e intermediarán de forma eficiente los recursos captados para fortalecer la inversión productiva nacional y el consumo social y ambientalmente responsable”* (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.93).

La Ley de Gestión Ambiental (LGA) del Ecuador en el artículo 20, establece que *“Las obras públicas privadas que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control conforme al Sistema Único de Manejo Ambiental SUMA”* (Ministerio del Ambiente, 1999, p. 6). Esta Ley, además establece los elementos para un sub-sistema de evaluación de impacto ambiental, el proceso de evaluación del impacto ambiental y los procedimientos de impugnación,

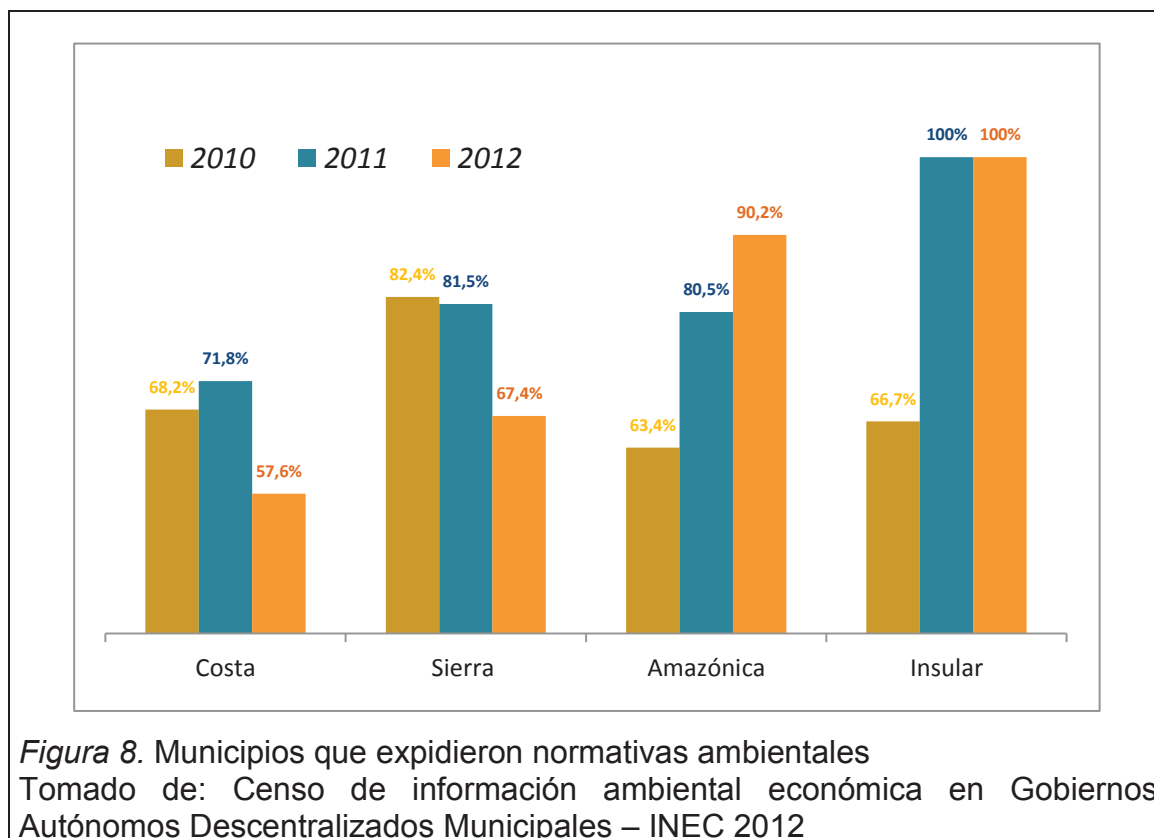
suspensión revocatoria y registro de licencias ambientales (Ministerio del Ambiente, 2003).

En el año 2012, el INEC realizó un censo de información ambiental económica en GAD municipales, recopilando información de los 221 municipios y 24 gobiernos provinciales de nuestro país (INEC, 2012).

De los datos obtenidos por el INEC, se puede observar que para el año 2012 el 94,6% de los municipios del país cuentan con una unidad ambiental, mientras que los gobiernos provinciales cuentan con la competencia ambiental de acuerdo al artículo 136 del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD) (Ministerio Coordinador de Política Económica MCPE, 2011).



Los municipios de la región amazónica e insular han implementado unidades de gestión ambiental, lo cual evidencia el interés en el cuidado al ambiente en las regiones más sensibles del Ecuador, con un mayor énfasis a la región amazónica, por las actividades hidrocarburíferas.



Para las operaciones de sectores estratégicos como el eléctrico, el hidrocarburífero y el minero, se ha emitido reglamentos ambientales específicos, sin embargo, las especificaciones para el control de ruido ambiental se enfocan en la acústica laboral, a pesar de que en muchos de los casos, estas actividades se desarrollan en zonas de protección ecológica. El Anexo 5 del Acuerdo Ministerial No. 028 de 2015, establece una metodología para la determinación de ruido ambiental en zonas ambientalmente sensibles.

2.1.1 Categorización Ambiental

El proceso de regularización ambiental se desarrolla de acuerdo a la actividad económica, el CCAN establece un total de 95 actividades económicas cada una se divide en sub categorías, que varían en número de acuerdo al caso. Para definir el trámite habilitante para la obtención de la licencia ambiental, se definen cuatro categorías en función de los impactos y riesgos ambientales producidos por la actividad.

El objetivo general de la categorización ambiental nacional (dispuesta por primera ocasión en el Acuerdo Ministerial No. 068, en 2013) pretende unificar el proceso de regularización ambiental de proyectos o actividades que desarrollen en el país de acuerdo a los impactos y riesgos ambientales.

Tabla 3. Regularización Ambiental - Acuerdo Ministerial N°006 y CAN A.M N°006

| Categoría | Documento Ambiental | Impactos Ambientales | Ejemplos |
|------------------|--|-----------------------------|------------------------|
| Categoría I | Certificado o Registro Ambiental | No significativos | Bares y Restaurantes |
| Categoría II | Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental | Bajos | Fabricación de muebles |
| Categoría III | Declaración de Impacto Ambiental | Medios | Operación de Clínicas |
| Categoría IV | Estudio de Impacto Ambiental | Altos | Extracción de Petróleo |

Los trámites habilitantes pueden variar de acuerdo a la ubicación del proyecto en el caso de estar localizados en áreas protegidas y parques nacionales, donde los requisitos pueden incrementar de acuerdo a las políticas especificadas por el Ministerio de Ambiente, sin embargo los requisitos adicionales se enmarcan en la gestión de desechos, almacenamiento de combustibles, cumplimiento de límites permisibles para descargas a cuerpos de agua natural, entre otros aspectos, mientras que para el componente ruido ambiental las regulaciones en la mayoría de casos se enmarcan en los requerimientos de la normativa ambiental.

El Acuerdo Ministerial No. 006 establece para la Categoría I, que los proyectos, obras o actividades podrán, con carácter de no obligatorio, regularizarse por medio de la obtención de un certificado de registro ambiental, la certificación del cuerpo de bomberos y la implementación de las especificaciones de la Guía General de Buenas Prácticas Ambientales (GBPA) (Ministerio del Ambiente, 2014).

A partir de la categoría II, los regulados se ven en la necesidad de implementar un Plan de Manejo Ambiental PMA, el cual está compuesto de 10 sub planes,

uno de ellos es el plan de seguimiento y monitoreo ambiental; de acuerdo a las características de la operación, dentro de este plan se especifican actividades para la ejecución de ensayos de ruido, vibraciones, gases de combustión, descargas líquidas, calidad del aire y suelo. En este sub plan se establecen el número de ensayos y la frecuencia en la que se deben realizar estas mediciones. Los regulados se ven obligados a cumplir con los límites permisibles de acuerdo a cada componente; con la excepción de ruido ambiental y vibraciones, los ensayos determinan la concentración de un contaminante en una matriz específica, en otras palabras, se puede decir que los ensayos ambientales demuestran la existencia de compuesto específico en agua, aire o suelo, la evaluación se realiza de acuerdo a concentraciones máximas, establecidos para cada parámetro de medición.

2.1.2 Monitoreo Ambiental

El objetivo de los monitoreos es realizar un seguimiento sistemático y permanente en base a los resultados obtenidos de un análisis, conforme lo establecido en la normativa ambiental vigente y en el PMA, documento que debe detallar la necesidad de realizar monitoreos de ruido ambiental y la periodicidad de las mediciones (Ministerio del Ambiente, 2013).

Los monitoreos deben realizarse de acuerdo a los requisitos definidos en el Acuerdo Ministerial No. 028. Para el caso de actividades específicas por sectores como hidrocarburos, minería y generación eléctrica, no se cuentan con regulaciones para la evaluación de ruido ambiental. Por el contrario existen disposiciones específicas para el caso de aeropuertos y helipuertos y la medición de ruido en automotores (fuentes móviles).

La normativa técnica establece que los monitoreos de ruido ambiental deben ser realizados por un laboratorio acreditado por el SAE; de acuerdo al listado de laboratorios presentado por esta institución, existen 28 laboratorios acreditados para la realización de ensayos de Acústica Ambiental (Servicio de Acreditación Ecuatoriano SAE, 2015).

Como resultado del monitoreo se obtiene un informe de resultados, el cual debe ser entregado a la autoridad ambiental competente. En muchas ocasiones las actividades del PMA, establecen que cada vez que se genere un incumplimiento de los límites permisibles, el regulado debe implementar acciones correctivas para disminuir sus emisiones de ruido. La eficacia de la medida es puesta a prueba mediante un monitoreo de ruido. Las especificaciones de las medidas correctivas usualmente no son verificadas mediante informes técnicos de las características acústicas de las medidas correctivas; en este caso, las medidas de control de ruido son valoradas mediante una medición del nivel de presión sonora equivalente en ponderación A. Es así, que en el país es común encontrar la implementación de sistemas empíricos para el control de ruido, en actividades que cuentan con licencia ambiental, sin considerar las consecuencias que puede acarrear el uso de materiales que pueden ser inflamables, además de ser poco eficientes para el control de ruido.



Figura 9. Izq. Ejemplo control de ruido - medidas empíricas instaladas en centro comercial de Quito

Figura 10. Der. Panel de cubeta de huevos y espuma de poliuretano - diseño empírico

Como se ha indicado anteriormente, las actividades consideradas como de bajo impacto ambiental, de acuerdo al CCAN (Categoría 1), no requieren la

implementación de un PMA, por tanto no se ven en la necesidad de monitorear sus niveles de ruido ambiental; es decir que bares, discotecas, restaurantes, concesionarios de autos, carpinterías y demás actividades de bajo impacto, de acuerdo a la legislación ambiental vigente, no realizan evaluaciones de ruido ambiental, a no ser que se presente una denuncia ante la autoridad ambiental.

El Acuerdo Ministerial No. 006, para la Categoría I, en la Guía General de Buenas Prácticas Ambientales, establece tres recomendaciones para la gestión del ruido para los establecimientos que sean catalogados dentro de esta categoría, que mencionan lo siguiente:

- *“Instale barreras para evitar que el ruido salga del sitio donde operan los equipos.*
- *Atienda y controle el ruido generado por los equipos auxiliares, pueden ser causa de mal funcionamiento y puede generar molestias evitables.*
- *Coloque la señalética respectiva que indique que la exposición prolongada a alto niveles de ruido es perjudicial para la salud”* (Ministerio del Ambiente, 2014, p. 106).

Es común encontrar dentro de las actividades de comercio, el uso de equipos de amplificación direccionadas hacia el exterior. Para estas condiciones no se realiza control alguno, a menos que se presente una denuncia, a pesar de ser una disipación de la normativa.



Figura 11. Ejemplo utilización de parlantes en exteriores - actividades comerciales en uso de suelo mixto residencial / comercial

Para el caso de evaluaciones de actividades petroleras y mineras, localizadas en su mayoría en áreas protegidas, la normativa ambiental establece reglamentos específicos por cada actividad. Por ejemplo, el Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE), Decreto Ejecutivo No. 1215, en el artículo 22, establece los límites máximos permisibles de ruido (Decreto Ejecutivo 1215, 2001).

Tabla 4. Límites Permisibles RAOHE - Ruido

| Duración diaria por horas | Nivel de Ruido [dB(A)] |
|---------------------------|------------------------|
| 16 | 80 |
| 8 | 85 |
| 4 | 90 |
| 2 | 95 |
| 30 minutos | 100 |
| 15 minutos | 110 |

Los criterios establecidos como límites normativos definidos en la tabla 4 del reglamento, corresponden a niveles de exposición al ruido ocupacional; dentro del reglamento no se hacen especificaciones para la evaluación de ruido ambiental. El RAOHE fue emitido con anterioridad al TULSMA.

En estudios de impacto ambiental de actividades petroleras, es común encontrar análisis de un contenido básico y limitándose a comparar los resultados LEQ corregidos con los límites permisibles, como por ejemplo:

“En base a los límites permisibles del Anexo 5 TULAS libro VI, Tabla 1: Niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo, en base a la zona industrial, se puede concluir que el ruido provocado por la naturaleza es alto” (E & E Consulting, 2011, p. 102).

Esta conclusión es cuestionable, al establecer que el área protegida no es susceptible a la contaminación por ruido y considerar que los niveles de presión sonora equivalente en ponderación A, reflejan que dicha zona tiene niveles cercanos al límite establecido para una zona industrial, por tanto el ambiente sonoro en la Amazonía corresponde a un ambiente ruidoso, puesto que está conformado por los sonidos generados por la fauna propia de la región.

2.2 Normativa de Ruido Ambiental

El Anexo 5 del Libro VI del TULSMA del año 2003, fue la norma que reguló las emisiones de ruido hasta la publicación del Acuerdo Ministerial No. 028 en el Registro Oficial No. 270 del 13 de febrero de 2015.

En la sección que se muestra a continuación se compara el contenido de las dos normativas.

2.2.1 Muestreo y Evaluación

Una de las secciones principales de la norma corresponde al procedimiento de medición, los criterios de evaluación y la metodología de cálculo para la obtención del Nivel de Presión Sonora Corregido.

En esta etapa es importante considerar que el muestreo y la evaluación son dos etapas distintas que se realizan en espacios diferentes. El muestreo consiste en recolectar una muestra del nivel de presión sonora generado por una fuente fija de ruido, si existen conflictos durante esta etapa. La evaluación implica la estimación de los resultados, la aplicación de correcciones

determinadas en la legislación y la comparación de los resultados con límites establecidos según el uso de suelo. En otras palabras, la medición se realiza mediante la aplicación sistemática de especificaciones, el operador debe saber interpretar las especificaciones de la norma en situaciones reales. La evaluación comprende la etapa analítica del ensayo en la que, a base de cálculos matemáticos, se establece los resultados del ensayo, los cuales son comparados con niveles de referencia de acuerdo al uso de suelo asignado a una determinada zonificación.

La normativa técnica de 2015, incorpora una serie de modificaciones al protocolo de medición, las correcciones y los límites permisibles. A continuación, se detallan las especificaciones de cada una de las normas, en lo concerniente a los métodos de medición, evaluación y límites permisibles.

2.2.2 TULSMA, Libro VI, Anexo 5 - 2003

En contexto, la aplicación de la normativa corresponde a la determinación del nivel de presión sonora equivalente LEQ, para el ruido producido por la fuente sujeta de evaluación denominada como “Ruido de Fuente” y el nivel de presión sonora percibido cuando la fuente sonora es apagada nombrado como “Ruido de Fondo”.

2.2.2.1 Ubicación puntos de medición

Los sitios de medición se ubican en el exterior del predio a 3,0 [m], al menos, del lindero o límite físico del predio evaluado. Los puntos se ubican de acuerdo a las condiciones críticas de ruido producido por la fuente evaluada, el ruido de fuente se mide bajo la mayor actividad de la fuente. En el punto de medición el sonómetro debe estar a una altura de entre 1,0 y 1,5 [m], no se hacen especificaciones para el ángulo de inclinación entre el plano horizontal y el sonómetro.

La norma no hace puntualizaciones para la realización de mediciones en función de la presencia de receptores sensibles; por otro lado las autoridades ambientales suelen ser muy tajantes en el estricto cumplimiento de la ley, por

tanto la mayoría de puntos de medición, de acuerdo a esta normativa técnica, se ubican solo a 3 [m] de los linderos del regulado.

2.2.2.2 Límites Permisibles

Los límites máximos permisibles se establecieron de acuerdo al uso de suelo asignado a la zonificación donde se encuentra el predio evaluado. Se consideraron 6 usos de suelo, con el objetivo de abarcar todas las clasificaciones existentes en el país. Se fijan niveles permisibles para los horarios diurno y nocturno.

Tabla 5. Niveles máximos de ruido permisibles - TULSMA 2003

| Uso de suelo | Diurno Lkeq [dB(A)] | Nocturno Lkeq [dB(A)] |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Zona hospitalaria y educativa | 45 | 35 |
| Zona residencial | 50 | 40 |
| Zona residencial mixta | 55 | 45 |
| Zona comercial | 60 | 50 |
| Zona comercial mixta | 65 | 55 |
| Zona industrial | 70 | 65 |

Esta clasificación resulta ser general para la diversidad de categorías de los planes de ordenamiento territorial de cada municipio. Las regulaciones locales, en muchos de los casos, no establecieron equivalencias de acuerdo a su clasificación de uso de suelo, tal es el caso del DMQ, donde el Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS), Ordenanza de Zonificación No. 0031, emitida en 2008 y la Norma Técnica de Ruido, Resolución No. 002 SA-2015, establecen categorías de zonificación más amplias y las equivalencias entre las categorías, para la determinación de los límites permisibles por categoría.

Por otro lado, es importante mencionar que los límites fueron establecidos sin ningún tipo de estudio previo, por tanto, en muchos casos, los niveles permitidos establecidos para zonas hospitalarias, son valores sumamente

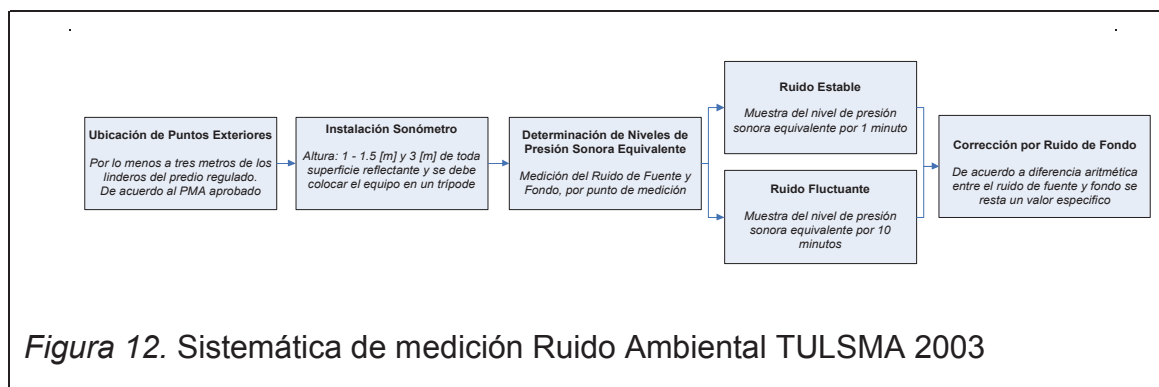
bajos; mientras que en zonas residenciales, los niveles de ruido de fondo bordean los límites permitidos por la norma.

2.2.2.3 Método de medición y evaluación

La norma establece dos conceptos para la evaluación de ruido correspondientes a ruido de fuente –para las emisiones generadas por las fuentes fijas de ruido– y el ruido de fondo –para el ruido que se percibe en ausencia de operación de las fuentes a evaluar–. Se establecen dos conceptos para el tipo de ruido generado por la fuentes: ruido estable, cuyas variaciones son inferiores a 5 [dB(A)] del nivel promedio; y ruido fluctuante con variaciones superiores a 5 [dB(A)] del nivel promedio (Ministerio del Ambiente, 2003, p. 418).

El ruido de fuente se obtiene de la determinación del LEQ, por períodos de medición de 10 minutos para ruidos fluctuantes o 1 minuto para ruidos estables. La medición se debe realizar en condiciones de mayor generación de ruido de la fuente sonora. La norma no establece un número mínimo de repeticiones ni criterios de aceptación y rechazo de las muestras.

Para la determinación del ruido de fondo se debe mantener las mismas condiciones para las que se obtuvieron los valores de la fuente fija. El procedimiento de medición corresponde al mismo que para el ruido de fuente con la diferencia que el micrófono del sonómetro apunte en dirección contraria a la fuente o en su defecto se realice la medición bajo ausencia del ruido de fuente (Ministerio del Ambiente, 2003, p. 424). Se debe tomar en cuenta que la especificación de girar el micrófono del instrumento 180°, con el objetivo de seccionar las fuentes de ruido, constituye una medida inviable desde el punto de vista técnico, ya que los micrófonos de medición deben tener una respuesta omnidireccional para ser certificados.



Las mediciones se pueden realizar con sonómetros tipo 0, 1 y 2, de acuerdo a la norma IEC 651; la cual no está vigente desde el año 2012. La norma permite la toma de muestra con sonómetros que no son integradores, para ello la norma establece un procedimiento de medición donde se registra el nivel equivalente cada 10 segundos (Ministerio del Ambiente, 2003) el promedio final se estima mediante la fórmula de LEQ. El equipo se configura en respuesta temporal lenta (slow) y en ponderación A, es decir, que solo se priorizan los componentes centrales de todo el rango audible de frecuencias.

Los valores obtenidos de ruido de fuente deben ser corregidos por la influencia del ruido de fondo, la norma establece valores de corrección de acuerdo a la diferencia aritmética entre estos niveles de fuente y fondo.

Tabla 6. Correcciones por nivel de ruido de fondo - TULSMA 2003

| Diferencia aritmética entre ruido de fuente y fondo [dB(A)] | Corrección |
|---|---------------|
| 10 o mayor | 0 |
| De 6 a 9 | -1 |
| De 4 a 5 | -2 |
| Igual a 3 | -3 |
| Menor a 3 | Medición nula |

La especificación de medición nula para diferencias aritméticas por debajo de 3,0 [dB(A)] en una etapa inicial generó conflictos, ya que se interpretaba que el

ensayo fue deficiente. Además, la norma establece que en estas situaciones se debe efectuar la medición bajo menores condiciones del ruido de fondo (Ministerio de Ambiente, 2003, p. 425). Un inconveniente adicional a la interpretación de esta tabla, es que en muchos casos, las autoridades ambientales no consideran la numeración decimal y establecen los criterios antes citados solamente con el número entero obtenido de la diferencia aritmética, basados en que la tabla específicamente habla de números enteros.

2.2.3 Acuerdo Ministerial No. 028, Anexo 5 - 2015

La norma nace por la necesidad de realizar modificaciones a los anexos del Libro VI del TULSMA; la consultoría fue convocada por el MAE, en el año 2012. Para la normativa de ruido se designó a la Ing. Katty Coral. Durante la socialización del mes de noviembre de 2012, la norma recibió fuertes críticas por su contenido. Durante el año 2013, el MAE estableció un comité de expertos AdHoc, para la revisión de la norma técnica de ruido; producto de ese trabajo, se obtuvo la norma que es evaluada dentro de esta tesis.

Los cambios centrales se producen en el método de medición y los criterios de evaluación. La norma incluye la consideración de emisiones de baja frecuencia y ruidos impulsivos, a diferencia de la norma de 2003 que únicamente considera los contenidos tonales de frecuencias medias. Se amplían los límites permisibles y la incorporación de disposiciones generales para mejorar la gestión de la contaminación acústica, como la elaboración de mapas de ruido de tráfico a cargo de las municipalidades con una población superior a 250.000 habitantes y la realización de encuestas de percepción a los receptores ubicados en los alrededores del regulado como una actividad del PMA.

2.2.3.1 Definiciones

La normativa de 2015, modifica prácticamente en su totalidad las definiciones en relación con la normativa anterior; el cambio implicó la implementación de acrónimos que son utilizados para facilitar la estimación de los resultados y la estandarización de la evaluación. La tabla que se muestra a continuación establece los acrónimos descritos en la normativa con su definición.

Tabla 7. Acrónimos y definiciones utilizados en el Anexo 5 AM 028. - 2015

| Acrónimo | Definición |
|-----------------|---|
| L | Nivel de presión Sonora |
| eq | Equivalente |
| p | Promedio logarítmico de las muestras |
| FER | Fuente emisora de ruido |
| FFR | Fuente fija de ruido |
| Kr | Corrección por ruido residual - LAeq |
| Krc | Corrección por ruido residual - LCeq |
| Kri | Corrección por ruido residual - LAleq |
| Kimp | Corrección por ruido impulsivo |
| Kbf | Corrección por baja frecuencia |
| U | Incertidumbre conforme ISO 1996-2 |
| L10 | Nivel excedido durante el 10% de la medición |
| L90 | Nivel excedido durante el 90% de la medición |
| LAeq,t | Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A del ruido total |
| LCeq,t | Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado C del ruido total |
| LAleq,t | Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, respuesta temporal impulsiva del ruido total |
| LAeq,r | Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, ruido residual |
| LCeq,r | Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado C, ruido residual |
| LAleq,r | Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, respuesta temporal impulsiva del ruido residual |
| Le | Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, ruido específico |
| LCe | Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado C, ruido específico |
| Lie | Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, respuesta temporal impulsiva del ruido residual |
| Lkeq | Nivel de presión sonora continuo equivalente corregido, obtenido del nivel Le y la aplicación de correcciones Kbf y Kimp, según el caso |

La normativa utiliza varias definiciones de la Norma ISO 1996-1:2009 Parte 1: Magnitudes y métodos de evaluación; de manera que todas las actividades, operaciones o procesos que generen o produzcan emisiones de ruido al ambiente, incluyendo a los seres vivos, se las denomina como Fuentes

Emisoras de Ruido o FER (plantas industriales, mineras, discotecas, etc.); mientras que las Fuentes Fijas de Ruido o FFR son consideradas dentro del conjunto de FER, puesto que se ubican en el interior de los linderos de un predio determinado (generadores eléctricos, aires acondicionados, taladros, maquinaria pesada, etc.).

2.2.3.2 Ubicación puntos de medición

El criterio para la ubicación de los puntos de medición establece el concepto de Puntos Críticos de Afectación (PCA), situados donde el ruido específico es más alto, en el exterior del lindero físico o línea de la FER. En estos puntos se debe tratar de tener el menor número de reflexiones producidas por superficies aledañas (Ministerio del Ambiente, 2015). Los puntos de medición se deben ubicar por medio de una evaluación ambiental base de ruido realizada por el regulado, dentro de la línea base o diagnóstico ambiental. Esta disposición obliga a los regulados que ya tenían puntos de medición definidos, los tenga que ubicar nuevamente mediante una evaluación ambiental base de ruido.

La norma de 2015 no considera la posibilidad de ubicar puntos de medición en interiores, viviendas sino que especifica que los niveles de ruido se miden en exteriores; dentro de las evaluaciones ambientales no se ha definido la ubicación de puntos en el interior de recintos. Durante la recopilación de información secundaria para la ubicación de puntos, se encontró una publicación en la página web de la Cámara de Industrias y Producción (CIP), que se cita textualmente:

“En el marco de las reuniones para la revisión y actualización de la Norma Técnica de Ruido y Vibraciones, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (MAE), se llevó a cabo la décima octava reunión del Comité de expertos Ad-Hoc, del que la Cámara de Industrias y Producción (CIP) forma parte. Entre los principales logros del sector productivo están: límites más laxos de emisión de ruido para fuentes fijas y eliminación de límites de ruido inmisión como parámetro a monitorear. Estas propuestas fueron presentadas por la CIP en reuniones anteriores, con los respectivos sustentos

técnicos. Con esto culminó en un 90 por ciento la etapa de revisión y aprobación del Anexo V del TULSMA. En los siguientes días se generará el documento final de esta norma, el mismo que será difundido a los afiliados a la CIP” (Cámara de Industrias y Producción, 2014).

No se establece un número mínimo de puntos de medición, sin embargo se establecen dos criterios para determinar los puntos de medición:

- Tomado en cuenta los puntos críticos de afectación.
- Considerar los niveles de presión sonora más altos emitidos por las FFR, percibidos en el exterior del predio.

La norma incorpora la realización de una evaluación base de ruido o diagnóstico ambiental o, en su defecto, realizar un sondeo en los exteriores de un predio para determinar el nivel de presión sonora más elevado; este procedimiento se debe llevar a cabo dentro de las Auditorias Anuales de Cumplimiento (AAC), como una actividad del PMA o dentro del documento ambiental, en el caso de una regularización inicial. Esta evaluación permite identificar los PCA y el tipo de ruido producido por las FER.

La ubicación del sonómetro debe ser a una altura mínima de 1,5 [m], con una inclinación de 45 a 90° sobre el plano horizontal. Se incorpora el criterio de establecer 1 [m] como distancia mínima entre el operador y el sonómetro para evitar para evitar la alteración de las mediciones.

Las mediciones deben realizarse en los momentos en que la FFR produzca los niveles de presión sonora más altos en condiciones normales de funcionamiento. En este caso la normativa reemplaza la definición de ruido de fuente por el de ruido total (Organización Internacional de Normalización ISO, 2005). Una medición en zonas intervenidas está constituida por ruido específico y ruido residual.

Para las condiciones ambientales, solamente se especifica la prohibición de realizar mediciones con vientos de velocidad superior a 5 [m/s] y la realización de mediciones con precipitaciones (lluvias).

2.2.3.3 Límites Permisibles

En la sección de límites permisibles, la normativa incorpora un mayor número de clasificaciones de uso de suelo; en este caso se tomó como referencia PUOS del DMQ. Por otra parte, los límites de ruido se amplían en comparación a los de la norma de 2003, ya que se especifican mayores restricciones para el horario nocturno, con el fin de preservar las condiciones de sueño de las personas.

Tabla 8. Niveles máximos permitidos para emisiones de ruido FFR – Anexo 5 AM 028 - 2015

| Uso de suelo | Código | Lkeq [dB] Diurno | Lkeq [dB] Nocturno |
|------------------------------------|-----------|---|-----------------------|
| Residencial | R1 | 55 | 45 |
| Equipamiento de Servicios Sociales | EQ1 | 55 | 45 |
| Equipamiento de Servicios Públicos | EQ2 | 60 | 50 |
| Comercial | CM | 60 | 50 |
| Agrícola Residencial | AR | 65 | 45 |
| Industrial | ID1 - ID2 | 65 | 55 |
| Industrial | ID3 - ID4 | 70 | 65 |
| Múltiple | M | Nivel más bajo del uso de suelo combinados | |
| Protección Ecológica | PE | Niveles corregidos por criterio de la autoridad | |
| Recursos Naturales | RN | | |

Los horarios de medición se modifican, se establece como horario diurno desde las 07:01 hasta las 21:00; mientras que el horario nocturno se extiende desde las 21:01 hasta las 07:00.

Una de las nuevas clasificaciones incorpora usos de suelo para áreas de protección ecológica y recursos naturales, para las que se determina que la autoridad ambiental establecerá los niveles permisibles. El método de medición para estos casos especifica la medición por períodos de 24 horas, con tiempos

de medición mínima de 15 minutos, es decir un total de 96 muestras durante el día.

2.2.3.4 Método de medición y evaluación

La norma establece tres protocolos de medición de acuerdo a los contenidos energéticos del ruido generado por FER o FFR. La norma incorpora la medición de componentes energéticos de baja frecuencia y los ruidos de impacto.

La medición se realizará considerado un mínimo de 5 repeticiones por períodos de 15 segundos; o se puede reducir el tiempo de medición por períodos de 5 segundos con al menos 10 muestras. La serie se considera válida si entre los valores extremos tienen una diferencia de 4,0 [dB]. Se incorpora como parámetros de medición a los niveles de presión equivalente el reporte los valores extremos NPS mínimo (L_{Amin}) y el NPS máximo (L_{Amax}).

La norma establece cuatro métodos para calcular el L_{keq} , de acuerdo a las características del ruido que se requiere evaluar, la sistemática se muestra en flujogramas, las diferentes metodologías se muestran a continuación:

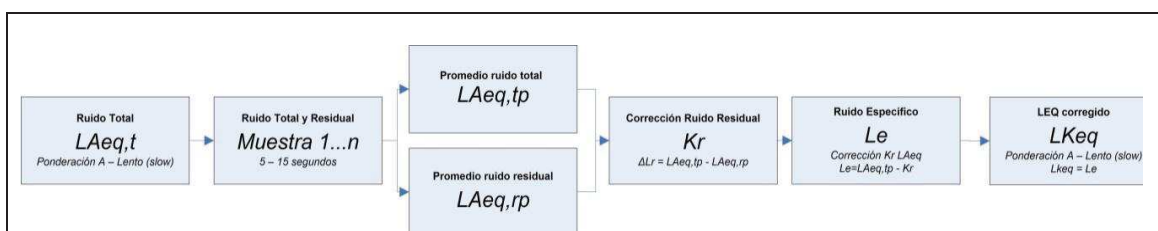


Figura 13. Estimación de L_{keq} para ruido específico sin características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas
Tomado de Ministerio del Ambiente, 2015

- Los acrónimos corresponden a las definidos en el Anexo 2 de la normativa ambiental de ruido Anexo 5 Acuerdo Ministerial No. 028
- Los acrónimos se muestran en la Tabla 7

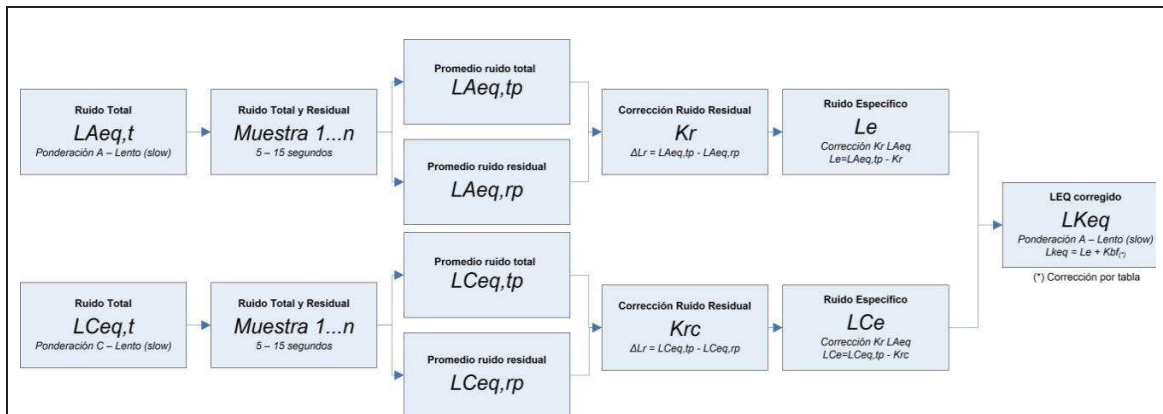


Figura 14. Estimación de L_{keq} para ruido específico sin características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas
Tomado de Ministerio del Ambiente, 2015

- Los acrónimos corresponden a las definidos en el Anexo 2 de la normativa ambiental de ruido Anexo 5 Acuerdo Ministerial No. 028
- Los acrónimos se muestran en la Tabla 7

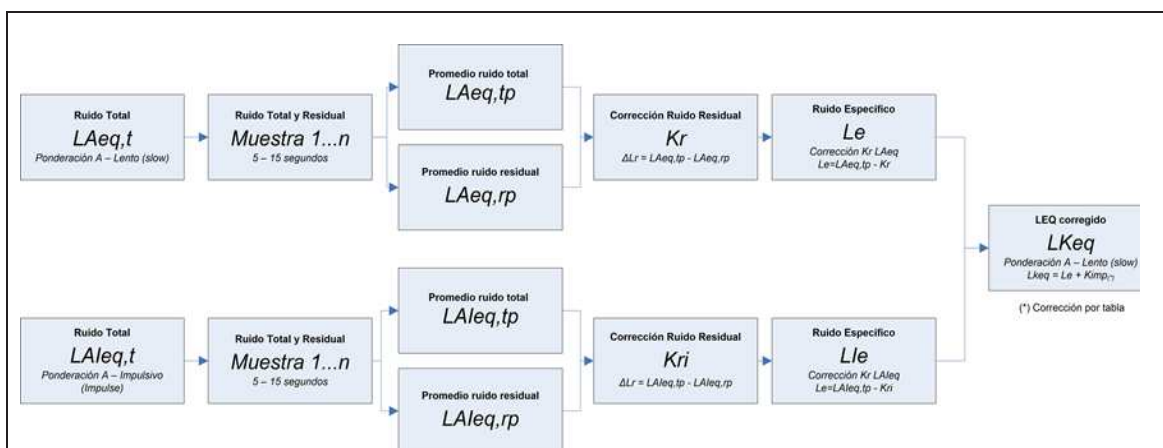
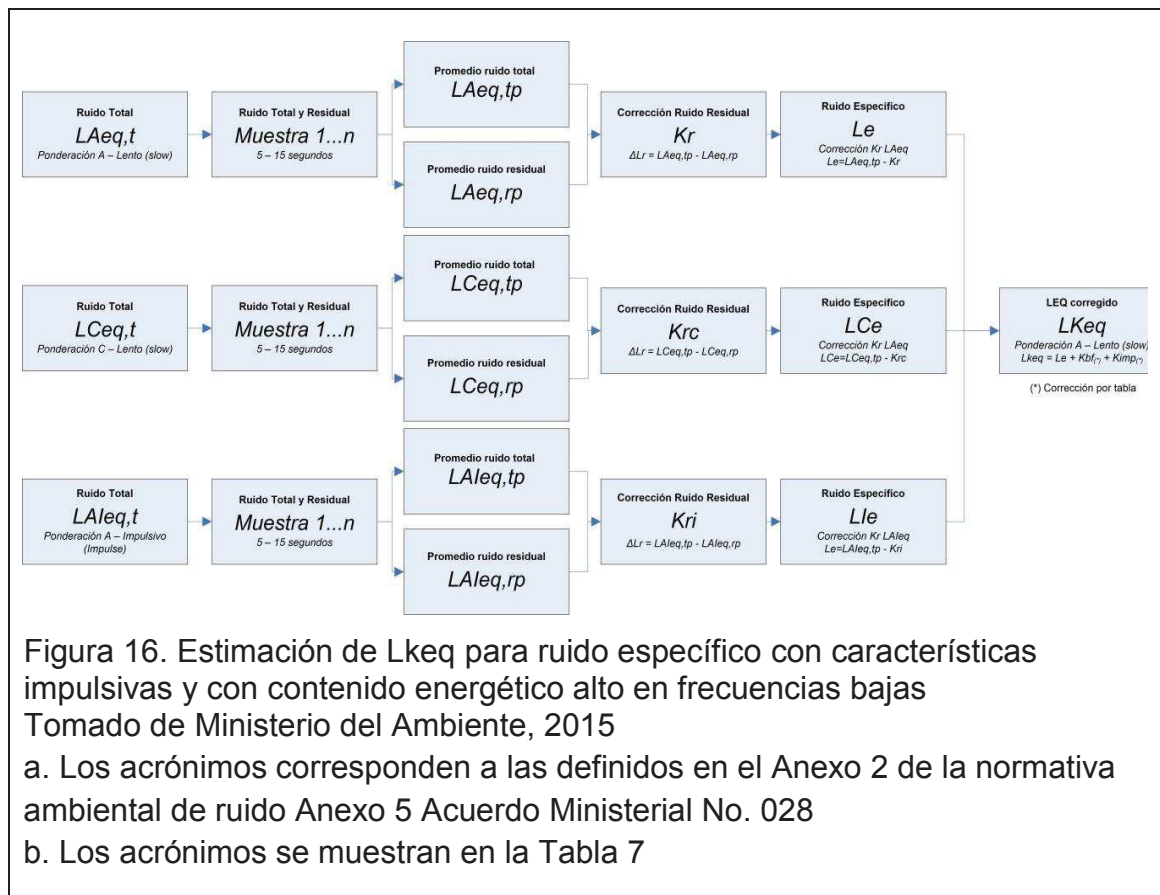


Figura 15. Estimación de L_{keq} para ruido específico con características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas
Tomado de Ministerio del Ambiente, 2015

- Los acrónimos corresponden a las definidos en el Anexo 2 de la normativa ambiental de ruido Anexo 5 Acuerdo Ministerial No. 028
- Los acrónimos se muestran en la Tabla 7



El ruido específico se obtiene mediante la ecuación (Ecuación 7), por cada muestra de ruido total se debe tomar una de ruido residual, para cada componente energético evaluado.

$$K = 10 \log (1 - 10^{-0.1\Delta L})$$

(Ecuación 7)

Dónde:

ΔL = Ruido total promedio - Ruido residual promedio

De acuerdo al contenido energético de la fuente se puede tener:

$$\Delta L_r = LA_{eq,tp} + LA_{eq,rp} (K_r)$$

$$\Delta L_c = LC_{eq,tp} + LC_{eq,rp} (K_{rc})$$

$$\Delta L_i = LA_{eq,tp} + LA_{eq,rp} (K_{ri})$$

Para todos los casos, la estimación del ruido específico está en función de la determinación de un valor K, como factor de corrección por ruido de fondo. La norma específica que "Los valores reportados siempre deben presentarse en números enteros. En caso de obtener valores decimales deben redondearse"

(Ministerio del Ambiente, 2015, p. 12). Por tanto, los valores para K solo pueden ser calculados si la diferencia aritmética entre el ruido total y residual es mayor o igual a 2,5 [dB], equivalente a 3 [dB]. La norma específica que si no se puede apagar la fuente para la determinación del ruido residual, se considerará como ruido específico al ruido total.

Si el ruido evaluado cuenta con componentes energéticos de baja frecuencia y ruidos de impacto, se debe establecer un factor de corrección determinado por la diferencia aritmética entre el ruido específico obtenido en respuesta lenta (slow) y ponderación A. Las correcciones se aplican a partir de diferencias mayores o iguales a 10 [dB].

Tabla 9. Corrección por baja frecuencia

| Condición | Corrección kbf |
|--------------------------|----------------|
| $LCe-Le < 10$ | 0 [dB(A)] |
| $10 \leq LCe-Le \leq 15$ | + 3 [dB(A)] |
| $LCe-Le > 15$ | + 6 [dB(A)] |

Tabla 10. Corrección por ruido impulsivo

| Condición | Corrección kimp |
|--------------------------|-----------------|
| $Lle-Le < 10$ | 0 [dB(A)] |
| $10 \leq Lle-Le \leq 15$ | + 3 [dB(A)] |
| $Lle-Le > 15$ | + 6 [dB(A)] |

Al aplicar estas correcciones sobre el ruido específico, se puede establecer comparaciones entre el nivel corregido L_{Keq} y los valores establecidos como límites permisibles por el uso de suelo.

2.3 Disposiciones Normativas

Dentro de la normativa se establecen requisitos para la gestión del ruido ambiental, en función de la emisión de disposiciones generales que consisten en regulaciones que deben ser acogidas por los regulados. Las disposiciones deben ser implementadas por el regulado de acuerdo a situaciones específicas detalladas en la norma.

En la normativa de 2003 establece disposiciones que no pueden ser implementadas por el contenido técnico del requisito, la relación del costo económico y el tiempo de implantación; mientras que en la norma de 2015, se establecen disposiciones para el control de ruido y la generación de mapas de ruido como una herramienta de gestión ambiental.

2.3.1 TULSMA, Anexo 5 - 2003

Dentro de la normativa se establecen disposiciones enfocadas al cumplimiento de los niveles de ruido ambiental por medio de la implantación de medidas para el control de ruido, entre las que se menciona:

- Artículo 4.1.1.6 Zonas Rurales, se establece que en áreas rurales, el nivel de presión sonora corregido producido por la fuente fija no puede ser superior al nivel de ruido de fondo en 10 [dB(A)] donde se encuentre el receptor (Ministerio del Ambiente, 2003, p.422).

La definición de áreas rurales no se encuentra dentro del numeral 2 Definiciones; la categorización de una zona rural puede ser interpretada como un área alejada de zonas residenciales, el criterio puede ser adoptado para actividades que se implanten en áreas protegidas, en este caso se puede hacer interpretaciones. Además el método de medición para el ruido de fondo cuenta con inconsistencias técnicas como por ejemplo: *“Para determinar el nivel de ruido de fondo se seguirá igual procedimiento de medición que el descrito para la fuente fija, con la excepción de que el instrumento apuntará en dirección contraria a la fuente fija”* (Ministerio del Ambiente, 2003, p. 424). La especificación de la norma constituye un criterio ambiguo, al considerar que el sonómetro solamente registra niveles en la parte frontal del instrumento.

- Artículo 4.1.1.7 Prohíbe las emisiones de ruidos o sonidos provenientes de equipos de amplificación u otros, desde el interior de locales destinados, entre otros fines para viviendas, comercios, servicios, discotecas, etc., que generen niveles de presión sonora que sobrepasen los límites permisibles para cada uso de suelo en los horarios de medición.

En este caso, como se expuso anteriormente, la disposición de la norma no es aplicada, debido a que las actividades de este tipo mencionadas en el CANN, son consideradas como de bajo impacto ambiental, por lo tanto, en estos casos no se obliga a realizar evaluaciones iniciales o monitoreos de ruido ambiental. Ante ello, la autoridad ambiental competente se ve involucrada cuando se presenta una denuncia por las emisiones de ruido.

- Artículo 4.1.1.8 Medidas de Prevención y mitigación de ruidos; en el literal A se establece que los procesos industriales y máquinas que produzcan niveles de presión sonora iguales o superiores a 85 [dB(A)], deberán ser aislados adecuadamente para evitar la transmisión de vibraciones hacia el exterior del local (Ministerio del Ambiente, 2003, p. 421).

En este caso, se debe considerar que se relaciona un nivel de presión sonora equivalente LEQ, como un criterio para la implantación de una medida para el control de vibraciones. Si bien en el caso de vibraciones y ruido se puede establecer cierta relación entre los dos fenómenos, la disposición no considera que la energía acústica registrada en la ponderación A no corresponda al rango de frecuencias en el que usualmente se encuentran las vibraciones.

2.3.2 Acuerdo Ministerial No. 028, Anexo 5 - 2015

La normativa de 2015 señala un objetivo similar a la norma anterior, puesto que señala la preservación de la salud y el bienestar de las personas y del medio ambiente en general, por medio de establecer los niveles máximos de emisión de ruido para fuentes fijas y móviles (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 2).

El numeral 3 de la norma lleva como título Consideraciones Generales, en este se especifican las disposiciones para la gestión de la contaminación acústica por parte de regulados y de autoridades competentes, entre las que se encuentran:

- a) Literal A, La autoridad ambiental competente podrá practicar visitas, inspecciones, mediciones y comprobaciones que se consideren necesarias para verificar el apropiado cumplimiento de la norma.

Esta regulación no considera la necesidad que la autoridad ambiental debería contar con un laboratorio acreditado ante SAE, cuando este requisito es obligatorio para la contratación de un laboratorio por parte de los regulados. En muchas ocasiones, en las inspecciones realizadas por la entidad de control en el DMQ, se puede observar que los técnicos realizan las mediciones sin las consideraciones técnicas de la propia normativa.



Figura 17. Medición ruido ambiental por la unidad de control - 2012

En la figura se puede observar que en la medición realizada por la autoridad no se utilizó un trípode para la instalación del sonómetro y no se instaló la pantalla anti vientos al sonómetro; requisitos básicos para la toma de muestras.

- b) Literal B, dentro del plan de relaciones comunitarias del PMA, se debe considerad encuestas de percepción y perturbación por ruido.

La disposición involucra la utilización de recursos humanos y la planificación estadística necesaria para realizar encuestas de percepción de molestia. La disposición no establece especificaciones adicionales para el cumplimiento de esta disposición en cuanto a la metodología para el cumplimiento de esta actividad. Si bien la determinación de la contaminación acústica no puede asociarse exclusivamente a la presencia de un agente contaminante, se puede complementar con la percepción y la molestia causada a cada uno de los receptores expuestos a esta contaminación. En este caso, se debería establecer una metodología conforme a la Norma ISO/TS ISO 15666 Acústica-Evaluación de la molestia de ruido por medio de encuestas sociales y socio-acústico.

- c) Literal E, establece que los regulados deberán demostrar documentada y técnicamente la eficacia de las medidas de control de ruido propuestas cuando estas fueran requeridas.

En este caso, la normativa no establece los medios de verificación de las medidas de control adoptadas por un regulado, en muchos casos la verificación se va a realizar mediante un monitoreo de ruido, similar a lo establecido en la normativa de 2003.

- d) Literal G, los GAD Municipales deberán controlar el uso de alarmas en vehículos y edificaciones, así como el uso de bocinas, campanas, sistemas de amplificación de sonido, sirenas o artefactos similares.

La normativa obliga a los municipios a establecer regulaciones respecto al funcionamiento de las mencionadas fuentes y los medios de verificación para evidenciar el funcionamiento de estas, ya sea por procesos de regulación ambiental o la recepción de quejas por parte de la comunidad.

- e) Numeral 7. Mapas de Ruido, la normativa establece que los GAD Municipales con una población mayor a 250.000 habitantes, deben contar con una herramienta estratégica para la gestión del control de contaminación acústica y la planificación territorial.

3 Metodología

De acuerdo al marco normativo, donde se expone que las mediciones de ruido ambiental deben realizarse con un laboratorio acreditado por el SAE, para el desarrollo del trabajo de titulación se contó con el patrocinio del Laboratorio CYAMBIENTE SAE LE C 10-002. Como parte de la acreditación, la organización debe implementar un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) para la realización de sus actividades; entre otros requisitos de este sistema, se encuentra la calibración de los equipos de medición y la elaboración y el manejo de procedimientos de verificación mediante patrones certificados.

3.1 Protocolo de Medición

Los protocolos de medición correspondieron a aquellos establecidos en el Anexo 5 Libro VI del TULSMA de 2003 y la normativa publicada en 2015. En vista de que el procedimiento de 2003 no establece un número mínimo de repeticiones, se consideró la especificación de la norma ISO 1996, de realizar al menos 3 repeticiones por cada punto de medición. Mientras que en uso de la norma de 2015 se estableció el número de repeticiones de acuerdo al tiempo de medición.

En términos metrológicos, la veracidad del ensayo se obtiene mediante la realización de repeticiones, la dispersión de los resultados le resta veracidad a la muestra y, para el caso contrario, la reiteración en las mediciones establece la exactitud del operador para la toma de muestras, al cual se le pueden atribuir erros sistemáticos, falencias en la implementación del protocolo de medición o deficiencias en la operación del instrumento de medición.

3.2 Equipos

Los ensayos fueron realizados mediante el uso de un sonómetro tipo 1, de propiedad del laboratorio CYAMBIENTE; este equipo constituye el instrumento principal de ensayos. El sonómetro cuenta con las aprobaciones de las certificaciones IEC 61326-1 (2005) Especificaciones Generales; IEC 61672-1 (2002) Especificaciones Sonómetros; ANSI S1.4 (R2006) Norma Americana

Especificaciones de Sonómetros. Las características técnicas del sonómetro se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 11. Características del sonómetro



| | | |
|-----------------------|-----------------------|--|
| Marca: | 3M QUEST |  <p><i>Figura 18. Sonómetro Sound Pro SP-DL</i></p> |
| Modelo: | Sound Pro – DL | |
| Clase: | Clase 1 | |
| Rango: Dinámico: | 0 – 140 [dB] | |
| Ponderaciones | A, C, F, Z | |
| Respuesta Temporal | Fast, Impulsive, Slow | |

Tabla 12. Características técnicas del micrófono

| | | |
|-----------------------------|-------------------------|---|
| Marca: | Brüel & Kjær |  <p><i>Figura 19. Micrófono clase 1</i></p> |
| Modelo: | BK 4936 | |
| Tipo: | Pre polarizado | |
| Respuesta de Frecuencia: | 8 – 20.000 [Hz] | |
| Ruido Intrínseco | 22 [dB(A)] – 31 [dB(C)] | |

El sonómetro cuenta con un certificado de calibración, emitido por el laboratorio INNOCAL (Acreditación American Association for Laboratory Accreditation A2LA) con fecha 11 de Noviembre de 2013; la declaratoria del certificado de calibración refiere que no se realizaron ajustes al sonómetro.

Para las verificaciones se utilizó un pistófono de clase 1, de acuerdo a las especificaciones de la norma IEC 60942 (2003), equipo que fue calibrado el 11 de Noviembre de 2013, por el laboratorio de calibración de 3M; acreditado ante A2LA (ver Anexo 1).

Tabla 13. Especificaciones Pistófono - verificaciones sonómetros


| | | |
|---------------------------|------------------|---|
| Marca: | 3M QUEST |  |
| Modelo: | AC-300 | |
| Nivel de presión acústica | 114 [dB] | |
| Frecuencias: | 250 – 1.000 [Hz] | |
| Peso: | 0,17 [kg] | |

Figura 20. Pistófono Verificaciones

Complementariamente como equipos auxiliares se utilizó un trípode para la instalación de sonómetro y evitar la influencia de vibraciones mecánicas; una cámara de fotos para el registro fotográfico del ensayo y equipo de protección personal de acuerdo a la presencia de tráfico y condiciones climáticas.



Figura 21. Instalación Equipo de medición

3.3 Control de calidad

El control de calidad comprende uno de los requisitos de un SGC. Para ello, se implementó un control de calidad para garantizar la validez de las muestras y disminuir las variables externas que pueden alterar cada una de las mediciones.

Se establecieron controles en el sonómetro mediante verificaciones, exactitud del ensayo y cálculo de incertidumbre, a través del uso de herramientas estadísticas para el control de calidad.

3.3.1 Verificaciones

Las verificaciones consistieron en realizar mediciones con el sonómetro utilizando como fuente sonora un pistófono. En las pruebas se tomó como referencia el nivel de 114 [dB] para las frecuencias de 250 [Hz] y 1000 [Hz]; se registró el nivel de presión sonora en ponderación lineal Z, por un tiempo de 10 segundos. Las pruebas se realizaron antes y después de la toma de muestras. El criterio de aceptación o rechazo de la verificación fue $\pm 1,0$ [dB] para cada prueba.

3.3.2 Estimación de Incertidumbre

La estimación de las incertidumbres de medición se realizó de acuerdo a las especificaciones de la norma ISO 1996-2, debido a que este es el método utilizado como referencia para los laboratorios acreditados por el SAE.

Los componentes de incertidumbre corresponden a los indicados en la Tabla 2, donde se especifican cuatro fuentes de incertidumbre: debido a la instrumentación, condiciones de operación, ruido residual y condiciones ambientales.

Por punto de medición se estimó la incertidumbre con el método de la ISO 1996-2; se utilizó un factor de cobertura K igual a 2, considerando un factor de cobertura del 95%.

Se consideró un criterio de aceptación y rechazo límites de $\pm 6,0$ [dB(A)] por cada muestra, como un criterio de validación. Para los ensayos realizados bajo la normativa de 2015, se utilizó el criterio de una diferencia máxima de 4,0 [dB(A)].

4 Resultados

En este capítulo se realizarán ensayos mediante las metodologías de medición de ruido establecido en la norma técnica emitida en 2003 y la norma publicada en 2015.

Para la realización de los ensayos, se escogió sitios de medición que se localizan en el DMQ, en zonificaciones con uso de suelo residencial en todos los casos.

El técnico encargado de la toma de muestras y el análisis de los resultados, fue el autor de esta tesis; el equipo utilizado fue el especificado en la Tabla 11 y la Tabla 12.

4.1 Caso 1 Fabricación de Tubería PVC

La selección de este caso corresponde a la operación de una planta industrial rodeada de viviendas, en una zona residencial, con zona de equipamiento alrededor. La planta opera por turnos de 24 horas, motivo principal para generar molestias en los residentes más cercanos a la planta. La fabricación de tuberías de PVC comprende 4 etapas, que inician la mezcla de la materia prima para luego pasar a la etapa de extrusión, el proceso continúa con una fase de corte y acampanado de la tubería. Dentro de cada uno de los procesos se utiliza maquinaria adicional dentro de la industria, como montacargas para el transporte de materias primas y productos terminados, trituradoras para tratamiento de los productos defectuosos y el sistema de enfriamiento de la planta.

De acuerdo al CCAN, las industrias dedicadas a la fabricación y elaboración de tuberías plásticas (código 32.6.1.3.1) están en categoría III. (Ministerio de Ambiente, 2015, p. 52.) y, de acuerdo al artículo 40 del Acuerdo ministerial No. 068, los impactos ambientales producidos por este tipo de proyectos son de mediano impacto. La regularización se realiza mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y la implementación de un PMA. que establecen el requerimiento de cumplir con los límites permisibles de ruido ambiental comprobados en un monitoreo de ruido ambiental.

La empresa instaló una estructura metálica cubierta por paneles de poliestireno expandido (espuma flex) en una de sus fuentes de mayor generación de ruido. Para la correcta exposición de este material, este debería ser retardante al fuego.



Figura 22. Molino de trituración

Dado que esta industria está ubicada en el DMQ, los límites permisibles a considerar son los establecidos en las Normas Técnicas de la Ordenanza Metropolitana No. 404, Resolución No. 002-SA-2015. El uso de suelo asignado a la zona corresponde a “Residencial R2”, por lo tanto, los límites permitidos son de 50,0 [dB(A)] en el horario diurno (07:00 – 22:00) y 40,0 [dB(A)] en el horario nocturno (22:00 – 07:00). Sin embargo, la ocupación del suelo en la zona de implantación de esta industria está compuesta por varias actividades económicas, a pesar de la zonificación municipal. En los alrededores de la planta se ubica una iglesia, dos conjuntos residenciales, viviendas particulares y dos vías de uso vehicular. Como colindantes a la planta industrial se encuentran un conjunto habitacional y el colegio, que en este caso corresponderían a los receptores más cercanos al predio.

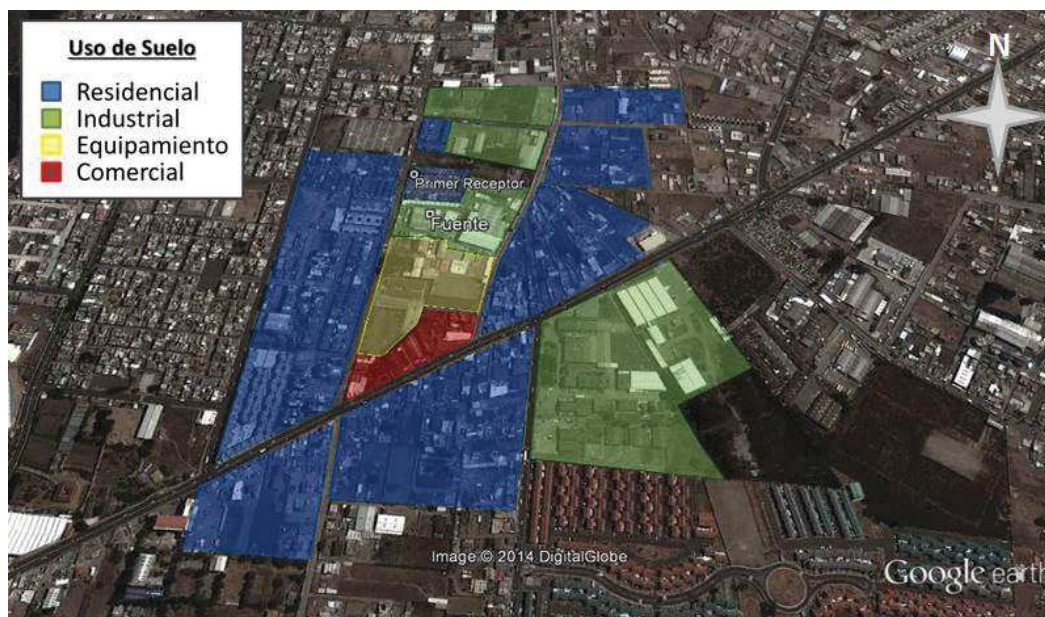
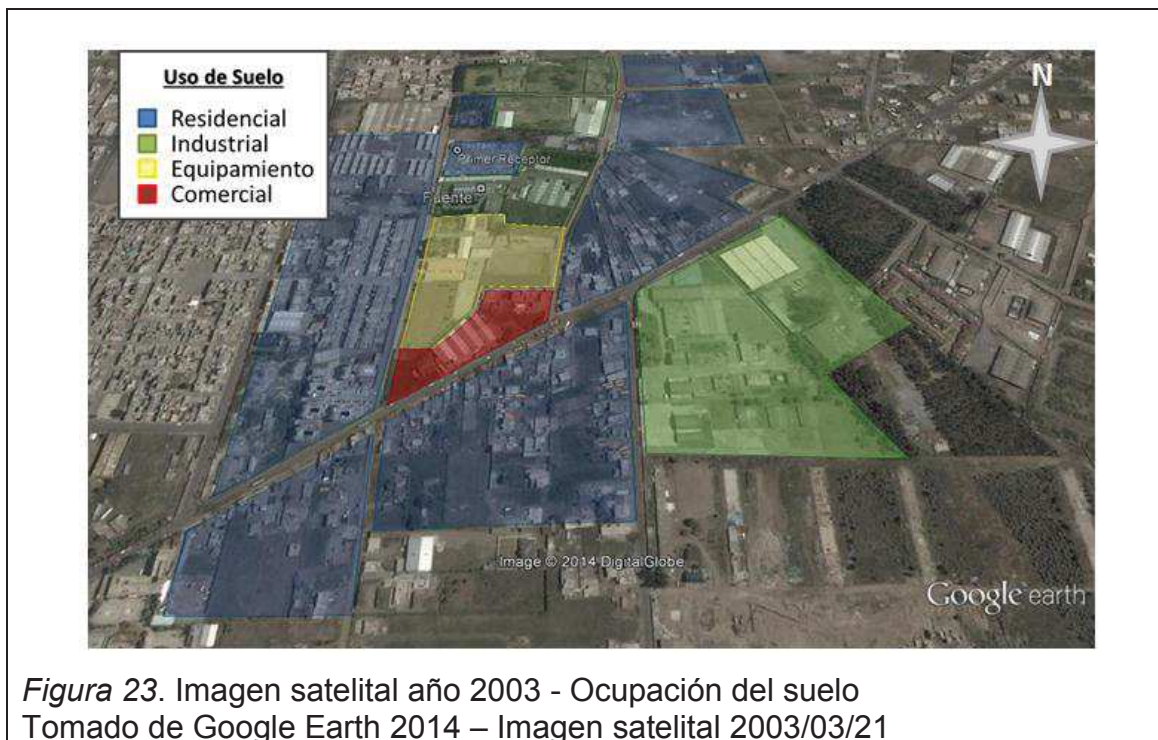


Figura 22. Clasificación de usos de suelo - Caso 1
Tomado de Google Earth 2014 – Imagen satelital 2013/02/09

Los residentes del condominio manifestaron su malestar con las emisiones de ruido de la empresa, las principales molestias corresponden a la perturbación del sueño por la actividad de la fábrica durante las noches y madrugadas. La presunta contaminación a los vecinos de la planta se pudo confirmar durante la toma de muestras,

En este caso se puede identificar un claro problema por el ordenamiento territorial de la ciudad, por la presencia de la fábrica en una zona cuya planificación inicial para uso, es residencial.

Para comparar el crecimiento urbano del área evaluada, la figura que se muestra a continuación, presenta una imagen satelital de marzo de 2003, es decir alrededor de 10 años antes de la figura anterior; en la imagen antigua se puede verificar los usos de suelo en esa época.



*Figura 23. Imagen satelital año 2003 - Ocupación del suelo
Tomado de Google Earth 2014 – Imagen satelital 2003/03/21*

Se puede observar que la planta de producción de PVC, ya realizaba sus actividades hace más de 10 años, al igual que el conjunto residencial considerado como el primer receptor sensible. En términos generales, la ocupación del suelo, no ha variado en los últimos años, aunque es evidente el crecimiento residencial en el área, ya que se observa el crecimiento del número de viviendas y conjuntos residenciales en los alrededores. La circulación vehicular no registra cambios importantes.

4.1.1 Caso 1 - Metodología TULSMA, 2003

Las mediciones se realizaron el día jueves 6 de febrero de 2014, en los cuatro puntos definidos en el PMA, que establece la realización de mediciones de ruido en los puntos ubicados equitativamente en el colegio y el conjunto habitacional, las evaluaciones se realizaron en los horarios diurno y nocturno. La toma de muestras para el horario diurno se llevó a cabo entre las 12:00 y las 14:00; mientras que para el horario nocturno las mediciones se llevaron a cabo entre las 22:00 y las 00:45, tiempo que se tomó para el muestreo bajo las dos metodologías.



Figura 24. Ubicación de puntos de medición Caso 1 TULSMA – 2003
Tomado de Google Earth 2014 – Imagen satelital del 2013/02/09

Los puntos de medición se ubican a 3 [m] de las paredes perimetrales de la fábrica. Sin embargo, muchos de los residentes han solicitado que se realicen mediciones en el interior de sus viviendas.

Previo a la toma de muestras, el método establece la determinación del tipo de ruido, en este caso se tomó una muestra durante 1 minuto, la diferencia entre el nivel de presión sonora continuo equivalente LEQ y los niveles de presión sonora máximo y mínimo, fueron mayores a 5,0 [dB(A)], así, la categorización del tipo de ruido señala que es fluctuante, por tanto las muestras de ruido de fuente y fondo, fueron tomadas por periodos de tiempo de 10 minutos.

Tabla 14. Resultados del monitoreo de ruido ambiental - TULSMA 2003

| Horario | Ubicación | Fuente [dB(A)] | Fondo [dB(A)] | Corrección | LEQ _{Corregido} [dB(A)] | U (K=2) |
|----------|-----------|----------------|---------------|---------------|----------------------------------|---------|
| Diurno | P1 | 49.8 | 48.6 | Medición Nula | 49.8 | ± 3.5 |
| | P2 | 50.2 | 48.1 | Medición Nula | 50.2 | ± 2.8 |
| | P3 | 49.8 | 48.0 | Medición Nula | 49.8 | ± 2.6 |
| | P4 | 45.5 | 44.6 | Medición Nula | 45.5 | ± 2.9 |
| Nocturno | P1 | 48.7 | 46.6 | Medición Nula | 48.7 | ± 2.5 |
| | P2 | 45.1 | 43.4 | Medición Nula | 45.1 | ± 2.4 |
| | P3 | 48.3 | 47.0 | Medición Nula | 48.3 | ± 3.1 |
| | P4 | 47.9 | 47.0 | Medición Nula | 47.9 | ± 2.9 |

De los resultados obtenidos, se puede observar que en todas las mediciones las diferencias aritméticas entre el ruido de fuente y fondo son inferiores a 3 [dB(A)], esto se debe a que las fuentes no fueron apagadas para la toma de ruido de fondo, por lo que, de acuerdo a la normativa de 2003, las mediciones son catalogadas como “Mediciones Nulas”. En este caso, el ruido de fondo fue obtenido dirigiendo al sonómetro en sentido opuesto a la fuente.

Respecto al cumplimiento de los límites permisibles en el horario diurno, solamente en el punto P2 se tiene un nivel por encima del límite permisible de 50 [dB(A)]. Para el horario nocturno, el incumplimiento se extiende a los cuatro puntos de medición, donde se sobrepasa ampliamente el límite permisible de 40 [dB(A)].

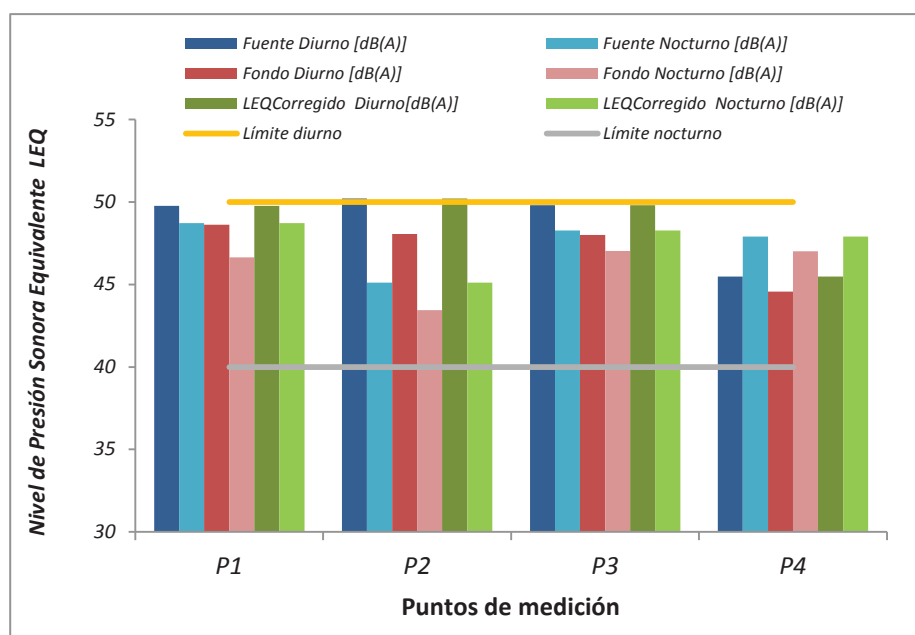


Figura 25. Caso 1 resultados – TULSMA 2003

a. Los límites permisibles se establecieron de acuerdo al uso de suelo asignado

En la distribución de nivel entre los puntos P2 y P4, respecto a los horarios diurno y nocturno, se identifica un cambio en los procesos y actividades de la planta, en estas áreas se debe observar los niveles obtenidos para el horario nocturno, donde por la presencia de receptores sensibles en los alrededores, el grado de afectación se incrementa por las posibilidades de alterar el sueño de los residentes de la zona. Para el punto P1 se tuvo una menor influencia de factores externos, sin embargo su ubicación no favorece la determinación del ruido producido por las fuentes de ruido de la planta. Mientras que en el punto P3, se recibieron quejas de los moradores de las viviendas localizadas en ese sector.

Como control de calidad de la medición se procuró tener desviaciones mínimas entre las tres repeticiones, sin embargo es importante mencionar que el tiempo de medición de 10 minutos dificultó un muestreo prolijo y objetivo, durante todo el ensayo se tuvo que parar el sonómetro para evitar registrar niveles producidos por tráfico vehicular dentro del condominio (puntos P3 y P4) y fuentes aleatorias a la evaluada en todos los puntos. Los niveles obtenidos por punto se observan en las figuras a continuación.

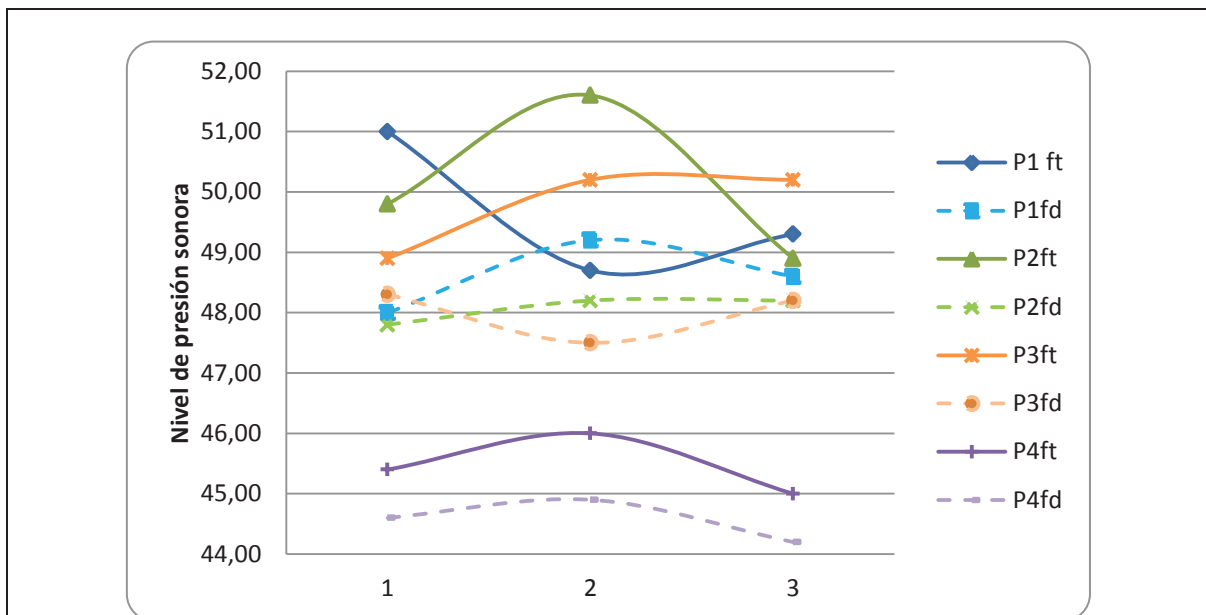


Figura 26. Caso 1 resultados repeticiones ruido de fuente horario diurno - TULSMA 2003

a. Las abreviaturas "ft" corresponde a ruido de fuente y "fd" corresponde a ruido de fondo

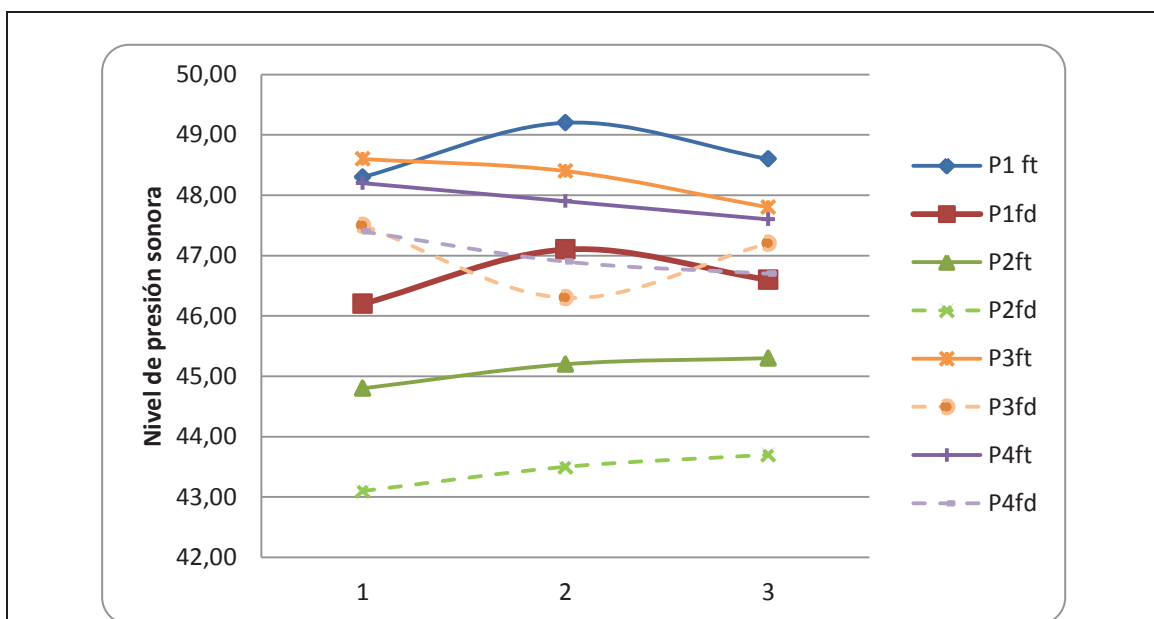


Figura 27. Caso 1 resultados repeticiones ruido de fuente horario nocturno - TULSMA 2003

a. Las abreviaturas "ft" corresponde a ruido de fuente y "fd" corresponde a ruido de fondo

Las figuras muestran que en el horario diurno se tuvieron valores dispersos respecto a la evaluación nocturna. A pesar de las precauciones implementadas

para garantizar el muestreo fiel de la fuente, el tiempo de medición permite el registro de fuentes externas a la evaluada. En el horario nocturno, la influencia de fuentes externas es menor por la disminución de las actividades adicionales de la población, por tanto se tuvo una menor dispersión en los resultados de cada una de las repeticiones.

4.1.2 Caso 1 – Metodología AM 028, Anexo 5, 2015

Para la localización de los puntos de medición, se tomó en cuenta la presencia de los receptores sensibles y la mayor generación de ruido en los exteriores del predio. En la inspección, se identificó que los puntos de medición registrados en el PMA de la empresa se ven influenciados por las paredes de los linderos de la empresa, en estos lugares los niveles percibidos no son los más elevados.

Para la ejecución de esta metodología, se coordinó con la propietaria de la primera vivienda del conjunto, para tomar una muestra en el patio interior. Para el segundo punto de medición dentro del condominio, se buscó un espacio abierto localizado cerca del resto de viviendas del condominio así se puede establecer comparaciones con los niveles registrados a 3,0 [m] del lindero de la empresa. Bajo estas condiciones se pudo establecer los puntos P1 y P2.

En cada punto de medición, el sonómetro se ubicó a una altura de 1,5 [m] y a una inclinación de 45° en referencia al plano horizontal. El tiempo de medición se fijó en 5 segundos por repetición; debido a los componentes de ruidos impulsivos y la presencia de componentes de baja frecuencia, se utilizó la respuesta impulsiva y ponderación C.

Debido a que los períodos de trabajo de la empresa se extienden a 3 jornadas de lunes a viernes, no se pudo registrar el ruido residual, ante ello, se optó por no tomar esta muestra y considerar el ruido total como el ruido específico de la fuente fija de ruido; mediante esta justificación, la norma permite suprimir la medición del ruido residual y no aplicar correcciones por este ruido.



Figura 28. Ubicación puntos de medición Caso 1 – Anexo 5 AM 028 – 2015
Tomado de Google Earth 2014 – Imagen satelital del 2013/02/09

Por cada punto de medición se hicieron 10 repeticiones, por períodos de 5 segundos. En las siguientes figuras se observa los resultados obtenidos.

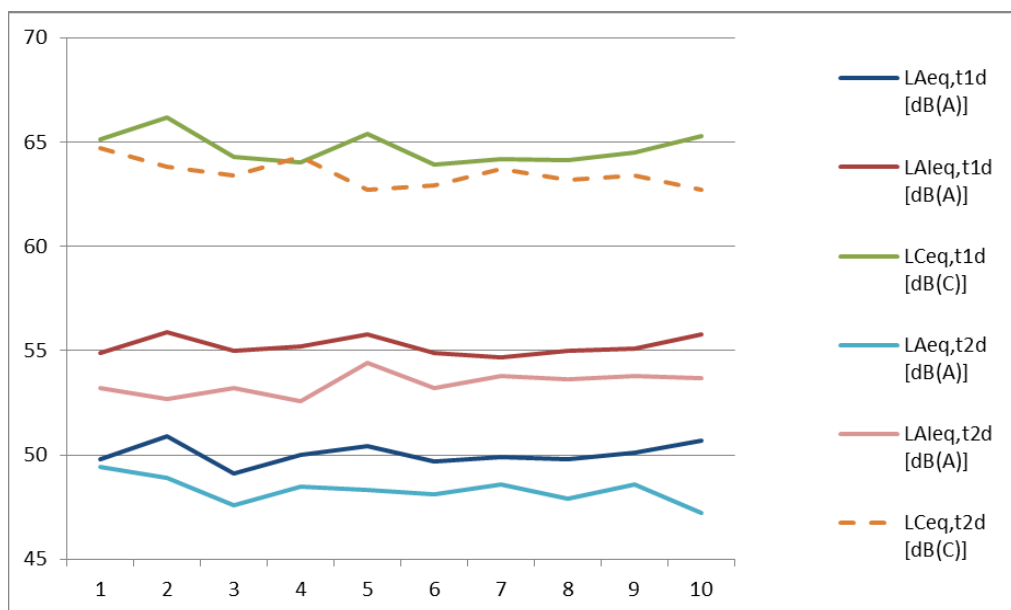


Figura 29. Caso 1 Resultados por repeticiones ruido total Diurno – Normativa 2015

a. Los acrónimos utilizados corresponden a los establecidos en la Tabla 7

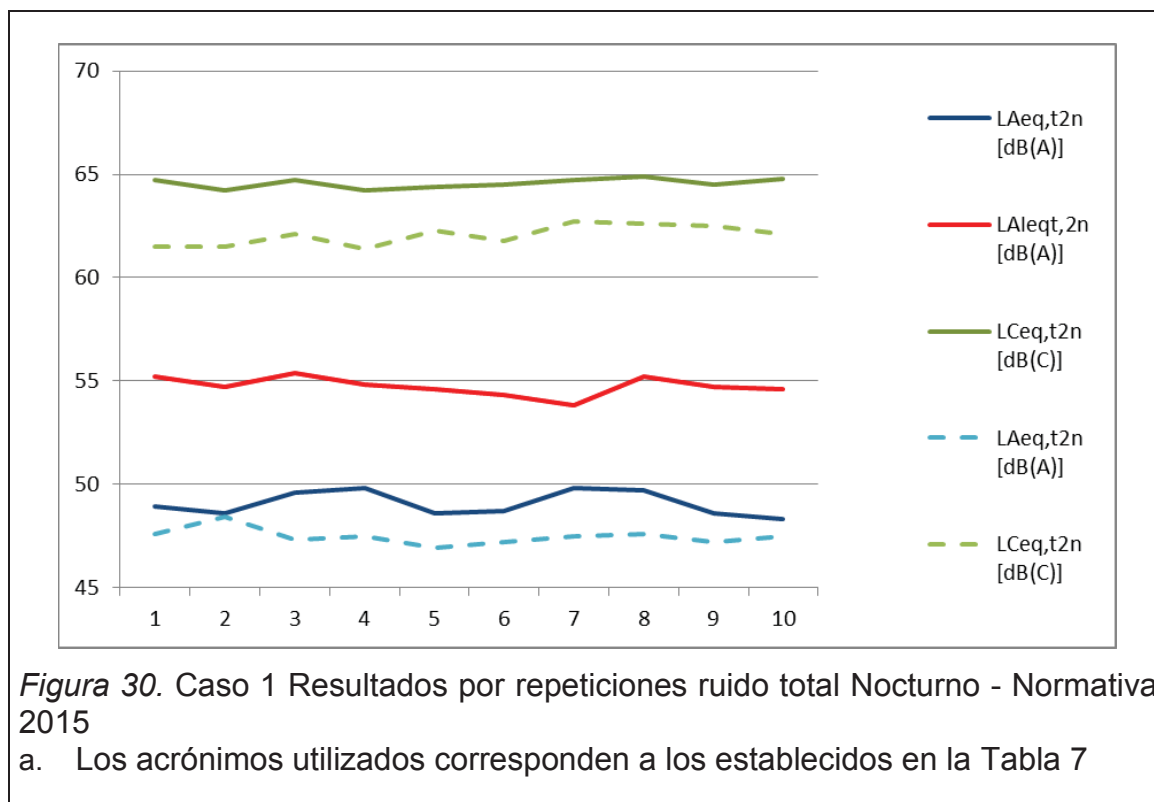


Tabla 15. Caso 1. Niveles específicos en el AM 028, Anexo 5, 2015

| Horario | Ubicación | Ruido Específico Le [dB(A)] | U [dB(A)] | Ruido Específico Lle [dB(A)] | U [dB(C)] | Ruido Específico LCe [dB(C)] | U [dB(C)] |
|----------|-----------|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
| Diurno | P1 | 50,1 | ± 2,3 | 55,3 | ± 2,3 | 64,8 | ± 2,4 |
| | P2 | 48,4 | ± 2,4 | 53,5 | ± 2,3 | 63,5 | ± 2,4 |
| Nocturno | P1 | 49,1 | ± 2,3 | 54,8 | ± 2,3 | 64,6 | ± 2,3 |
| | P2 | 47,5 | ± 2,3 | 53,5 | ± 2,4 | 62,1 | ± 2,3 |

Las diferencias aritméticas entre los niveles promedio de los resultados de ponderación [dB(A)] y [dB(C)] se mantienen sobre los 10 [dB], con lo que se puede evidenciar que el componente de baja frecuencia es percibido con facilidad.

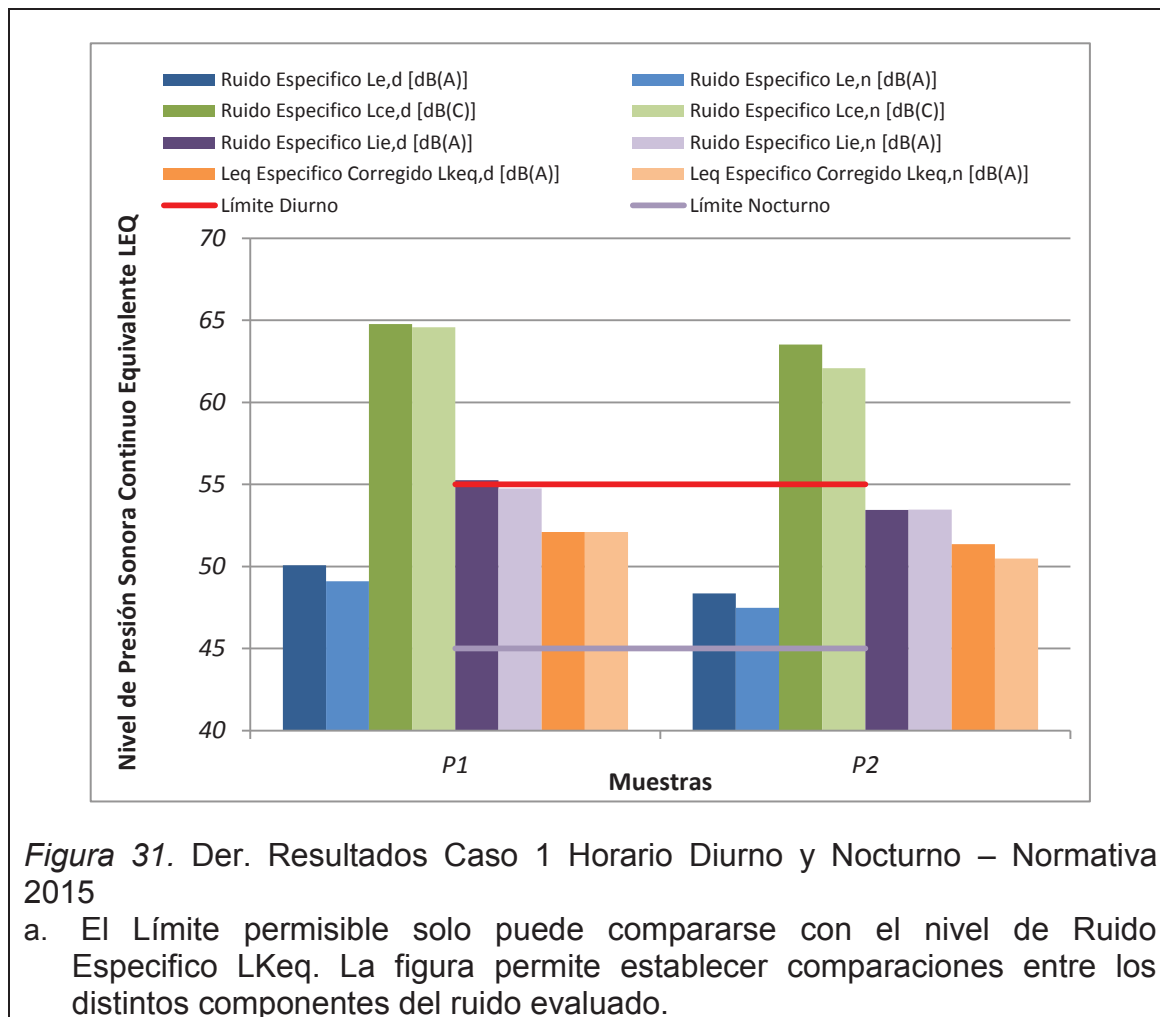
El mayor valor de incertidumbre U del ensayo corresponde a $\pm 2,4$ [dB], valor que se encuentra dentro de los criterios de aceptación y rechazo para la validación.

Tras estimar los resultados de ruido específico para cada uno de los puntos de medición en cada uno de los horarios evaluados, se puede estimar las correcciones de acuerdo a lo especificado en la normativa de 2015 (ver Tabla 9.).

Tabla 16. Caso 1 Niveles corregido Anexo 5 AM 028 - 2015

| Horario | Ubicación | Corrección Baja Frecuencia Kbf | Corrección Impulsivo Kimp | Lkeq [dB(A)] | Límite Máximo Permissible [dB(A)] |
|----------|-----------|--------------------------------|---------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Diurno | P1 | 3,0 | 0,0 | 52,1 | 55,0 |
| | P2 | 3,0 | 0,0 | 51,4 | |
| Nocturno | P1 | 3,0 | 0,0 | 52,1 | 45,0 |
| | P2 | 3,0 | 0,0 | 50,5 | |

De acuerdo a los valores límites permitidos para una FFR de la normativa de 2015, para una zona residencial se consideran como niveles límite 55 [dB(A)] para el horario diurno y 45 [dB(A)] en la evaluación nocturna. Al comparar los resultados con el límite permisible del horario diurno, se evidencia cumplimiento de los niveles específicos corregidos LKeq para los dos puntos de medición, sin embargo, no se puede pasar por alto la elevada concentración de baja frecuencia en los dos puntos de medición.



Para el horario nocturno, se puede observar que los niveles corregidos LKeq en los puntos de medición P1 y P2, están por encima del valor permitido. Los niveles Específico ponderado A Le, Específico Impulsivo Lle y Específico ponderado C LCe están por encima del nivel permitido, con una mayor contribución de los componentes espectrales de bajas frecuencias. Estos resultados muestran que en el horario nocturno los residentes del condominio se ven expuestos a concentraciones elevadas de ruido que pueden generar perturbaciones para la conciliación del sueño y demás afectaciones a la salud auditiva.

4.2 CASO 2 – Fabricación de Muebles

La planta está ubicada en un barrio periférico del DMQ y se encuentra en operación desde 1997. La zona donde se encuentra esta industria ha tenido un

desarrollo y crecimiento residencial significativo, por lo que en la actualidad la planta está rodeada de viviendas y conjuntos residenciales.

La empresa se dedica a la fabricación de muebles modulares para hogar y oficina. Las fuentes emisoras de ruido, de acuerdo a la actividad, corresponden a herramientas manuales de carpintería, cortadoras, lijadoras, pulidoras, extractores de partículas (para retirar el material particulado de las áreas de trabajo), generador eléctrico (aunque este es de uso emergente) y las emisiones producidas por el uso interno de montacargas. Los horarios de trabajo son de 08:00 a 17:00, de lunes a viernes.

La infraestructura física de la planta está conformada por un galpón industrial, donde se ubican las áreas de trabajo y oficinas administrativas. Una particularidad de la empresa, es la carencia de un cerramiento de bloque y cemento en los linderos de la planta, debido a que, por las características de compactación del terreno, no se puede construir muros, por ello, el cerramiento de la industria está compuesto por un cercado con alambre de púas y arbustos.

El CCAN, establece que la elaboración de muebles de madera para oficinas (código 32.7.2.1.1) corresponde a la categoría II (Ministerio de Ambiente, 2014, p.66.). De acuerdo al artículo 40 del Acuerdo Ministerial No. 068, los impactos ambientales producidos por este tipo de proyectos son de baja significancia. La regularización se realiza mediante una Ficha Ambiental (FA) y la implementación de un PMA; que establece el requerimiento de cumplir con los límites permisibles de ruido ambiental comprobados mediante monitoreos de ruido ambiental.

Los límites permisibles se establecen de acuerdo a las Normas Técnicas de la Ordenanza Metropolitana No. 404. El uso de suelo fijado para esta zona corresponde a “Residencial R2”, por tanto, los límites permitidos corresponden a 50,0 [dB(A)] en el horario diurno (07:00 – 22:00)

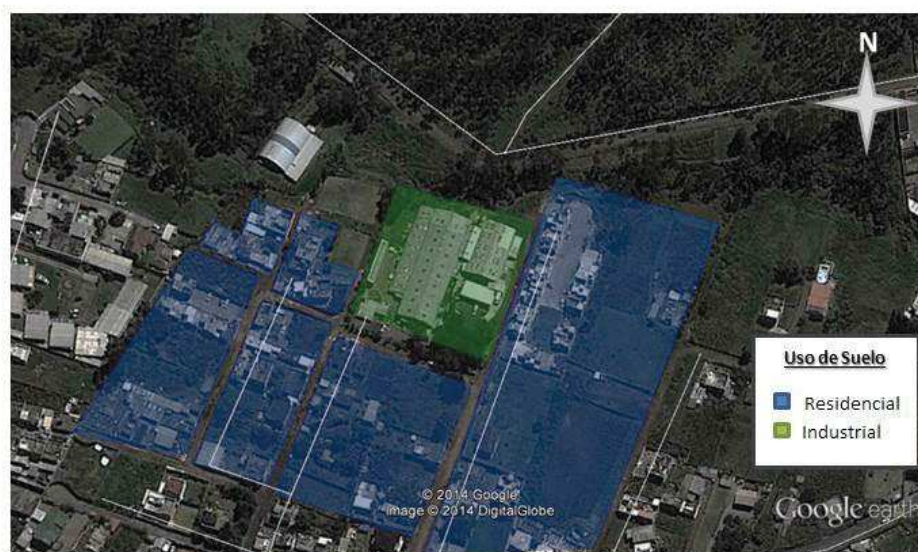


Figura 32. Características uso de suelo - Caso 2
Tomado de Google Earth 2014 – Imagen satelital 2013/04/23



Figura 33. Imagen satelital año 2003 - Ocupación del suelo – Caso 2
Tomado de Google Earth 2014 – Imagen satelital 2003/03/21

Al comparar la ocupación del suelo entre los años 2003 y 2013, se puede observar que la fábrica ya se encontraba operando desde hace al menos 10 años; el número de viviendas ha incrementado ligeramente en el sector; no se evidencia alto flujo vehicular en las inmediaciones de la planta.

Las mediciones se realizaron el día jueves 6 de febrero de 2014, en los cuatro puntos definidos en el PMA de esta planta. La toma de muestras para el horario diurno se llevó a cabo entre las 07:00 y las 10:00; donde se realizaron ensayos bajo las dos metodologías planteadas.

4.2.1 Caso 2 - Metodología TULSMA, 2003

El PMA de la empresa se compromete a realizar mediciones de ruido ambiental trimestralmente en tres puntos de medición, mediante un laboratorio acreditado por el SAE. Las mediciones solamente se realizan en el horario diurno. Para este caso se programó tomar la muestra a las 07:00, para iniciar con la medición del ruido de fondo con las fuentes apagadas. Una vez iniciado todo el sistema, se procedió a tomar las muestras del ruido de fuente.



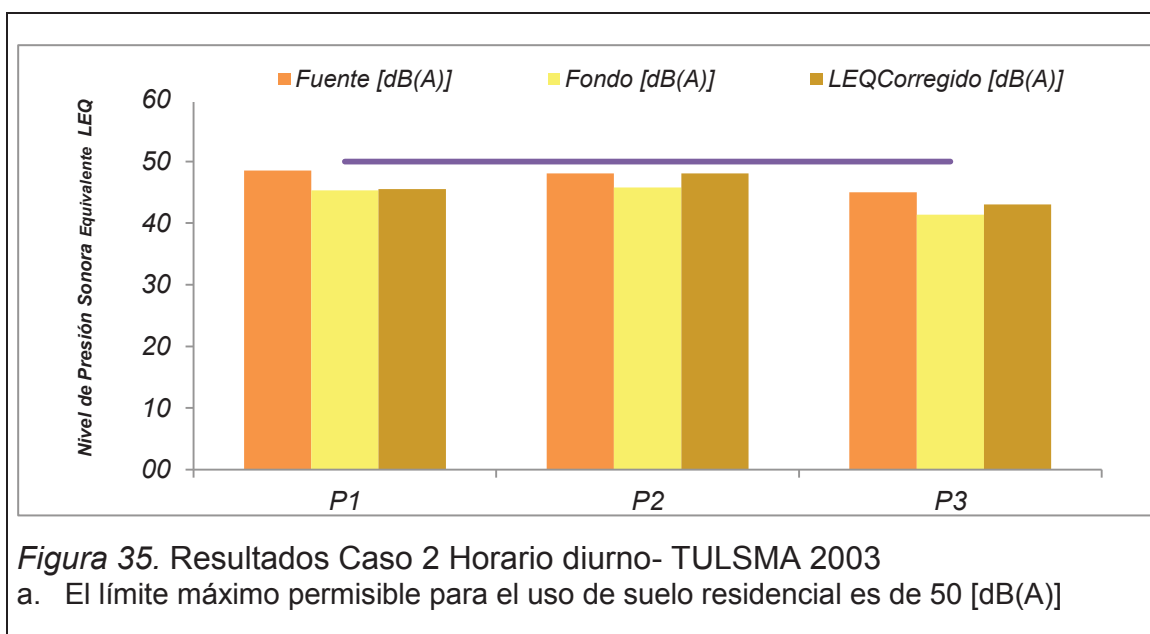
Figura 34. Ubicación de puntos de medición - Caso 2 TULSMA 2003
Tomado de Google Earth 2014 – Imagen satelital 2013/04/23

Los puntos de medición fueron ubicados de acuerdo a la localización de receptores sensibles y las especificaciones de la norma ambiental. El punto P1 está ubicado a una distancia superior a los 3 [m] del lindero; en este punto se pudo identificar que la fuente de mayor predominancia es la relacionada con las emisiones del extractor, mientras que el resto de puntos se ubican en zonas donde se tienen distancias de 3 [m] del lindero de la fábrica y toda superficie

que pueden generar reflexiones; para estos puntos las fuentes percibidas con mayor facilidad son máquinas eléctricas y herramientas; en el punto P3, la percepción del ruido de FFR disminuyó, en este punto se percibe con mayor facilidad el ruido de tráfico del sector. Las mediciones se realizaron durante 1 minuto, al tener emisiones de ruido estables en los puntos P1 y P3, mientras que para el punto P2 se tomaron muestras con una duración de 10 minutos; en cada uno de los casos se realizó tres repeticiones por el mismo operador con un sonómetro clase 1. Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 17. Resultados Monitoreo de Ruido Caso 2 - TULSMA 2003

| Horario | Ubicación | Fuente [dB(A)] | Fondo [dB(A)] | Corrección | LEQ _{Corregido} [dB(A)] | U (K=2) |
|---------|-----------|----------------|---------------|---------------|----------------------------------|---------|
| Diurno | P1 | 48,5 | 45,3 | -3,0 | 45,5 | ± 2,3 |
| | P2 | 48,1 | 45,8 | Medición Nula | 48,1 | ± 2,3 |
| | P3 | 45,0 | 41,4 | -2,0 | 43,0 | ± 2,3 |



Los valores corregidos para los tres puntos evidencian cumplimiento del límite permisible de ruido, para el horario diurno, de menos de 50 [dB(A)], al igual que los niveles medidos para ruido de fuente y fondo. Para la determinación del ruido de fondo se pudo apagar las fuentes, sin embargo, para el punto P2 no se tuvo la diferencia aritmética necesaria para la aplicación de correcciones. Las

facilidades para el muestreo se reflejan en los valores de incertidumbre, al obtener un valor de $\pm 2,3$ [dB(A)]. Si se considera este indicador se estima que los niveles en el punto P2 eventualmente pueden percibir niveles sobre los 50 [dB(A)], que es el nivel máximo permitido.

Los resultados para cada repetición no presentan desviaciones superiores a 1 [dB(A)], condición que ratifica las facilidades que se tuvo para realizar el ensayo. La desviación más amplia se encuentra en el punto P2, donde se midió durante 10 minutos.

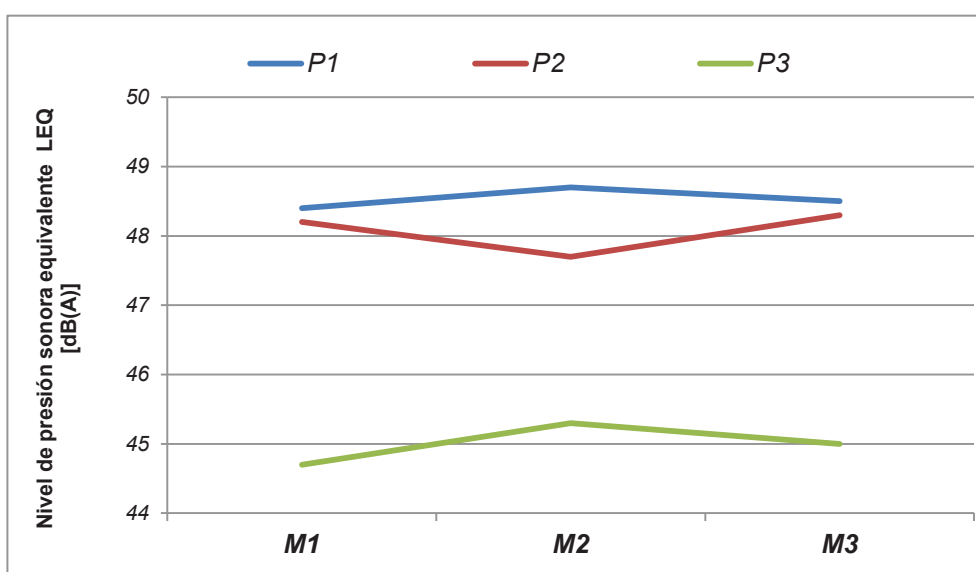


Figura 36. Niveles de presión sonora ruido de fuente por repeticiones Caso 2 - TULSMA 2003

Los resultados, en general, muestran cumplimiento de la normativa ambiental, los niveles corregidos en los tres puntos de medición están por debajo de 50 [dB(A)].

4.2.2 Caso 2 - Metodología AM 028, Anexo 5, 2015

Bajo esta metodología se seleccionarán los puntos P1 y P2 por la ubicación de receptores sensibles en el área y donde el ruido es más perceptible. De acuerdo a lo experimentado anteriormente, en los puntos de medición se perciben las emisiones del extractor de partículas (punto P1) y de herramientas manuales como sierras y amoladoras en el punto P2.



Figura 37. Puntos de medición Caso 2 - TULMSA 2015
Tomado de Google Earth 2014 – Imagen satelital 2013/04/23

El ensayo se realizó a partir de la aplicación de la metodología de 2003. Se trató de mantener las mismas características de operación de la planta. Mientras que para las mediciones de ruido residual se evitó registrar sonidos atípicos de la planta, incluyendo ladridos. En cada punto de medición se tomaron 5 repeticiones, con duraciones de 15 segundos cada una, en las mediciones de ruido total y residual.

Tabla 18. Resultados mediciones de campo Caso 2 - TULSMA 2015

| Ubicación | Ruido Total LAeq,t [dB(A)] | Ruido Residual LAeq,r [dB(A)] | Ruido Total Impulsivo LAeq,t [dB(A)] | Ruido Residual Impulsivo LAeq,r [dB(A)] | Ruido Total Baja Frecuencia LCEq,t [dB(A)] | Ruido Residual Baja Frecuencia LCEq,r [dB(A)] |
|-----------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---|--|---|
| P1 | 50,0 | 43,4 | 51,1 | 44,6 | 68,0 | 60,1 |
| P2 | 48,5 | 44,6 | 50,5 | 47,1 | 57,9 | 55,8 |

Los resultados muestran que los niveles de ruido total para los componentes de baja frecuencia tienen mayor concentración de energía en el punto P1 respecto al segundo punto de medición, lo que se puede explicar por la influencia de las

viviendas del área y las características de las emisiones de sus FER (extractora P1, herramientas manuales P2). Para el segundo punto, el nivel residual impulsivo $L_{Aeq,r}$ muestra un nivel de 47,1 [dB(A)] con un incremento de 2,5 [dB(A)] respecto del nivel registrado en el primer punto de medición. Para la comparación del muestreo, los niveles extremos no deben ser superiores a 4 [dB(A)] para dar como válida una serie; durante las repeticiones se observaron diferencias de alrededor de 1,5 [dB(A)] en las mediciones de ruido total y residual. Los niveles específicos son obtenidos mediante una resta de niveles, mediante la (Ecuación 7).

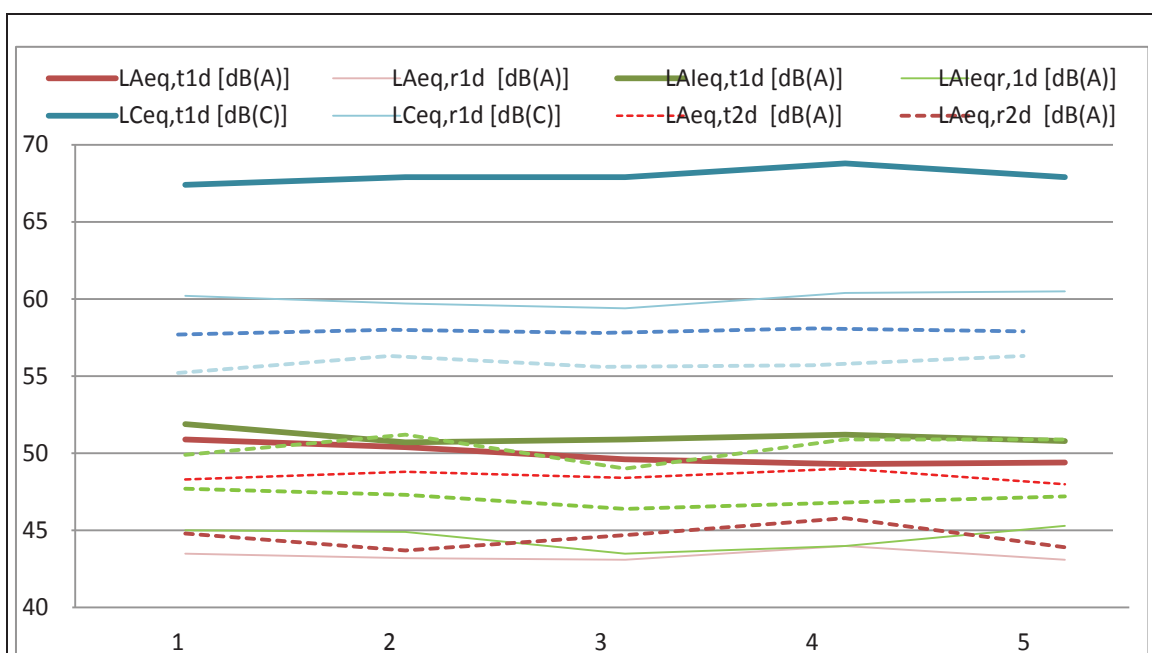


Figura 38. Ruido Total Caso 2 – Normativa 2015

a. Los acrónimos utilizados corresponden a los establecidos en la Tabla 7.

Las variación de los niveles de presión sonora entre cada una de las repeticiones y las condiciones climáticas fueron considerados como un componente de incertidumbre.

Tabla 19. Caso 2 Niveles de Ruido Especifico - Anexo 5 AM 028 - 2015

| Ubicación | Ruido Especifico Le [dB(A)] | U [dB(A)] | Ruido Especifico Lle [dB(A)] | U [dB(C)] | Ruido Especifico LCe [dB(C)] | U [dB(C)] |
|-----------|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
| P1 | 49,0 | ± 2,4 | 50,1 | ± 2,3 | 67,0 | ± 2,3 |
| P2 | 46,5 | ± 2,3 | 47,5 | ± 2,5 | 57,9 | ± 2,3 |

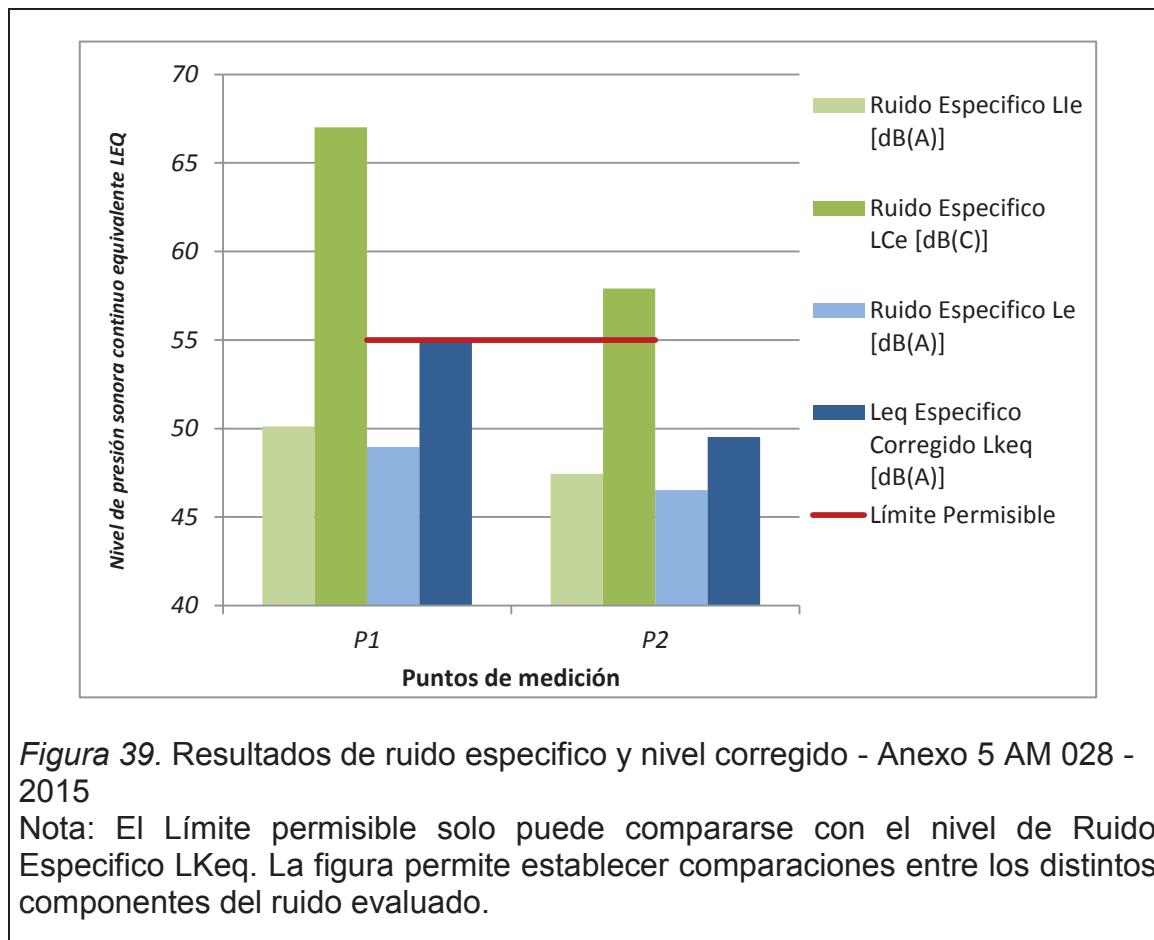
De los niveles específicos, se puede observar que en el punto P1 el nivel LCe tiene el nivel más elevado de todas las muestras, lo que denota una concentración importante en baja frecuencia.

Los valores de incertidumbre están dentro de rangos tolerables. La estimación de resultados considera la aplicación de correcciones por baja frecuencia Kbf y por ruidos de impacto Kimp, así se pueden establecer los siguientes valores.

Tabla 20. Valores de corrección Kbf, Kr, Kimp – Anexo 5 AM 028 - 2015

| Ubicación | Corrección Baja Frecuencia Kbf | Corrección Impulsivo Kimp | Corrección Residual Kr [dB(A)] | Leq Especifico Corregido Lkeq [dB(A)] | Límite Máximo Permissible [dB(A)] |
|-----------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| P1 | 6,0 | 0,0 | -1,0 | 55,0 | 55,0 |
| P2 | 3,0 | 0,0 | -2,0 | 49,5 | 55,0 |

Tras la aplicación de las correcciones, se pueden estimar los niveles específicos corregidos LKeq para cada punto de medición y establecer una comparación con el nivel de norma de 55 [dB(A)], de esta comparación, se observa que el punto P1 tiene LEQ Especifico corregido igual al límite de permitido por la normativa ambiental vigente, sin embargo, tomando en cuenta los niveles de incertidumbre por ruido específico, en el punto P1, en ciertas ocasiones se puede tener ruidos superiores al nivel permitido.



Respecto de los resultados del ensayo, los niveles LKeq no sobrepasan los niveles permitidos, sin embargo, las diferencias de nivel respecto al Ruido Especifico LCe en el primer punto de medición, tiene una diferencia superior a 10 [dB(C)], por lo tanto, se debería tratar de reducir la energía a este rango de frecuencias, adicionalmente, se podría realizar mediciones de vibraciones en los alrededores de este punto. Para el segundo punto, la diferencia entre los niveles está alrededor de 10 [dB(C)], por lo tanto, se podría considerar que este componente energético no es significativo. La cuantificación del contenido de bajas frecuencias es penalizada con una corrección de 6 [dB(A)] en el punto P1 y 3 [dB(A)] para el punto P2.

Los niveles corregidos LKeq en cada uno de los puntos de medición, registraron niveles de 55,0 [dB(A)] y 45,9 [dB(A)] respectivamente, al comparar estos resultados con el límite permisible de 55 [dB(A)], se puede estimar que las emisiones de las FFR no sobrepasan los niveles establecidos en la norma,

sin embargo, la medición refleja que un alto contenido de baja frecuencia, por tanto se podría adoptar medidas técnicas de control, para atenuar los niveles en este rango de frecuencias.

4.3 Caso 3 – Producción de Jabonería

Similar a los casos anteriores se tiene una plaza industrial rodeada de zonas residenciales, comerciales y equipamientos, esta diversidad de zonificaciones genera un conflicto desde el punto de vista ambiental en el área; debido a la presencia de descargas líquidas, desechos sólidos, emisiones de ruido ambiental y fuentes fijas de combustión, producidas por la operación de una industria jabonera, zonas comerciales y residenciales.

La empresa se dedica a la elaboración de jabones y detergentes, su actividad es de categoría II de acuerdo al CCAN (Ministerio del Ambiente, 2015, p.51). En el artículo 40 del Acuerdo ministerial No. 068, establece que los impactos ambientales producidos por estas actividades son de mediano impacto, por tanto la regularización ambiental se realiza a través de una FA y la implementación de un PMA. En este caso particular, dentro del subplan de monitoreo ambiental no se establece como una actividad que se realicen monitoreos de ruido ambiental.

La producción de jabón se obtiene mediante la trituración de calcio empleando un molino, la materia libre se mezcla con diferentes elementos de acuerdo al tipo de producto, para este proceso se utiliza mezcladoras; el proceso continúa cuando la mezcla inicial es procesada en un reactor donde se pueden tener las condiciones necesarias para lograr la saponificación y obtener jabón. El proceso finaliza con el empacado y distribución del producto terminado.

Los horarios de medición para cada procedimiento fueron diferentes. Debido a las condiciones de seguridad del sector. Para cubrir este horario, la metodología del 2015 se desarrolló en el horario nocturno, en el interior de una vivienda, en el sitio del balcón. Adicionalmente, en la descripción de la ficha ambiental se detalla que el horario de trabajo es de 07:00 a 16:00; sin embargo, de acuerdo a lo indicado por los propietarios de la vivienda, se

pueden percibir emisiones de ruido de la planta durante las 24 horas del día, durante los 7 días de la semana.

La ocupación del suelo del sector cuenta con una amplia variedad de zonificaciones entre las que predominan las zonas residenciales y comerciales.

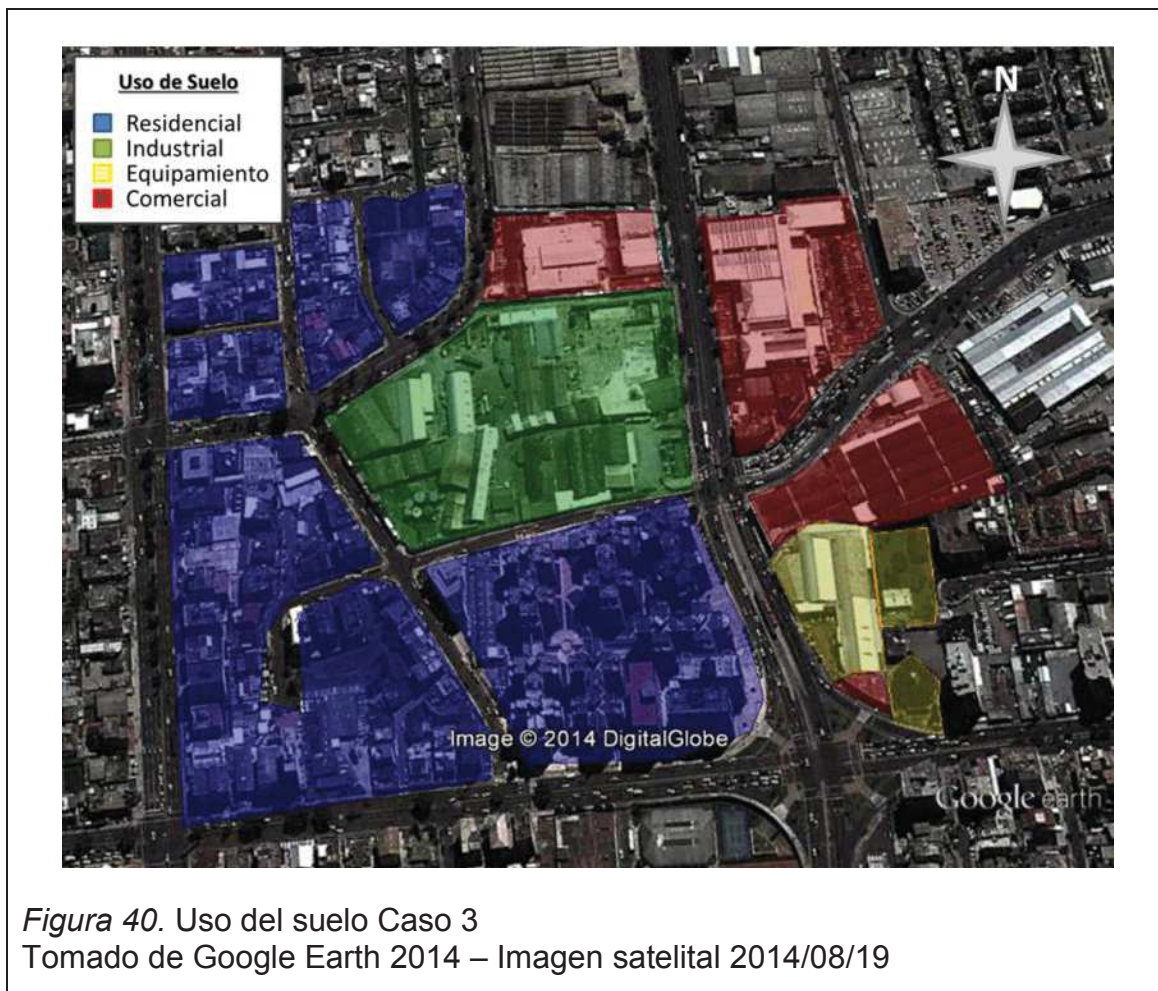


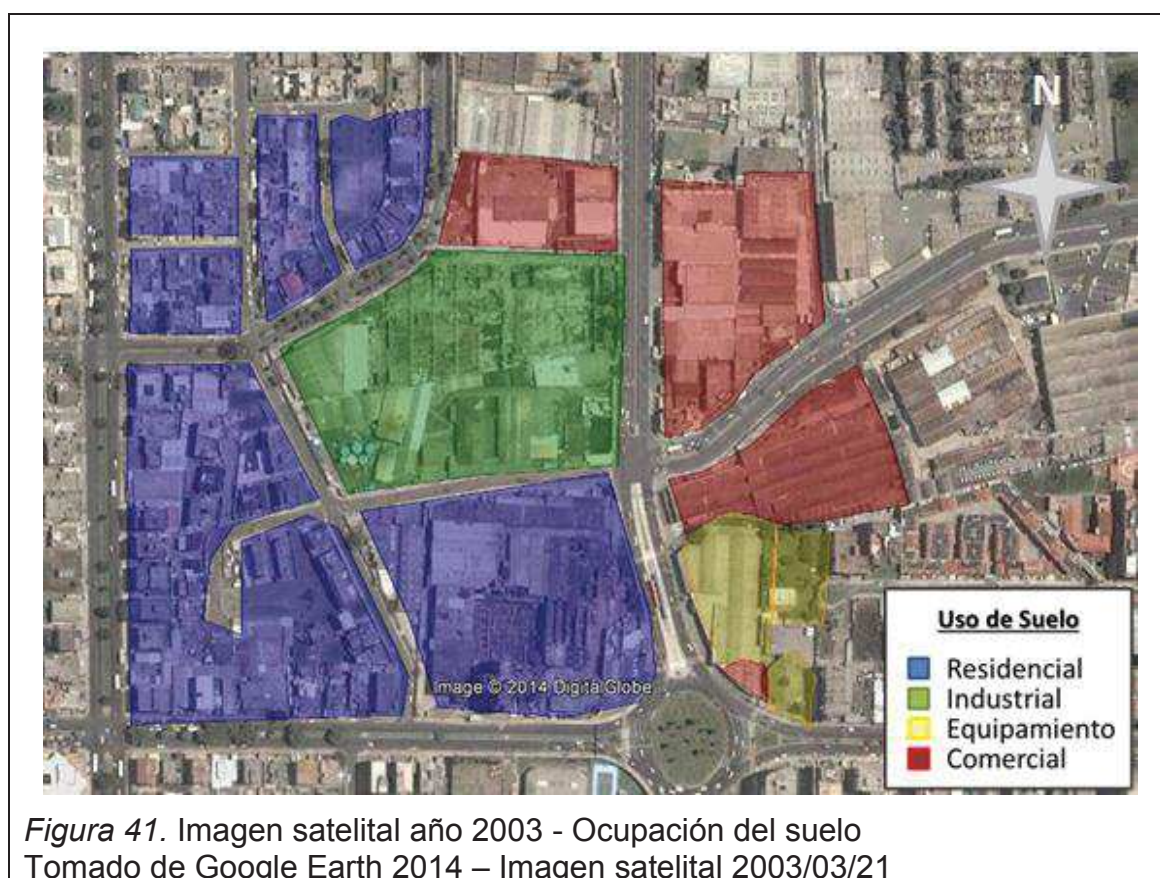
Figura 40. Uso del suelo Caso 3
Tomado de Google Earth 2014 – Imagen satelital 2014/08/19

En el lindero sur se encuentra un bloque de condominios. En este caso las edificaciones están compuestas por seis torres de diez pisos, cada una sobrepasa alturas de 25 [m]. Los materiales empleados para este tipo de construcciones son de características ligeras, tales como el gypsum y mampostería, entre otros materiales similares.

La avenida del lindero oriental tiene cuatro carriles para vehículos y dos carriles exclusivos para buses articulados (servicio municipal), es la avenida de mayor flujo vehicular de la zona. En el norte y costado occidental se tiene dos carriles

para circulación de vehículos, las calles confluyen en una avenida de cuatro carriles. Para el extremo sur se tiene una calle de dos carriles que se extiende entre la zona residencial y la fábrica. En muchas ocasiones todas las avenidas lucen abarrotadas de vehículos; el realizar mediciones con la influencia de todos los vehículos circulando en este sector es sin duda una fuente externa de alta interferencia para determinar las emisiones de ruido de la empresa.

Esta industria se sitúa en una zona céntrica del DMQ, en donde anteriormente se ubicó una de las zonas industriales más antiguas de la ciudad. La figura que se muestra a continuación refleja la ocupación del suelo hace 12 años, en el 2003.



Al comparar las fotografías se puede observar un mayor número de vehículos circulando por los alrededores del predio; se observa que el redondel fue remplazado por un cruce con semáforos. Como receptores sensibles se puede identificar la presencia de viviendas en el sector sur del predio, en el lindero

occidental y norte no hay mayores modificaciones, para el extremo oriental se puede observar algunas industrias pequeñas.

4.3.1 Caso 3 - Metodología TULSMA, 2003

La determinación de los puntos de medición se obtuvo mediante un sondeo del nivel de ruido en los alrededores de la fábrica, en los puntos donde se identificó los niveles de presión sonora más altos.



Figura 42. Ubicación de puntos de medición - Caso 3 TULSMA 2003

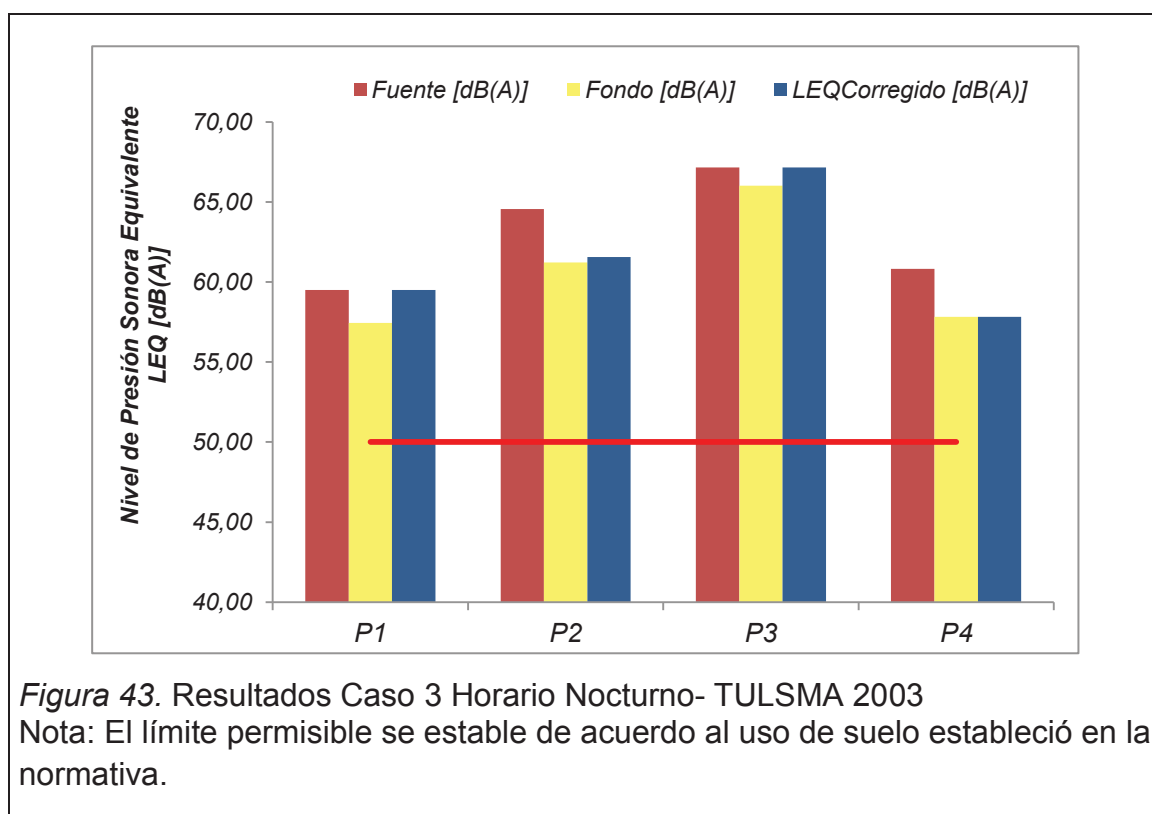
Tomado de Google Earth 2014 – Imagen satelital 2014/08/19

En los puntos P1, P2 y P3; los niveles de presión sonora máximo y mínimo tienen fluctuaciones menores a 5 [dB(A)], por tanto, las mediciones en estos puntos deben realizarse por periodos de 1 minuto (ruido estable). Mientras que en el punto P4, las variaciones entre el nivel máximo y mínimo sobrepasaron los 5 [dB(A)], por tanto las mediciones se realizaron durante 10 minutos.

Las mediciones de ruido de fondo se realizaron de acuerdo al numeral 4.1.2 de la norma (Ministerio del Ambiente, 2003, p. 424), que permite medir el ruido de fondo ubicando el sonómetro en dirección contraria (180°) a la utilizada para la medición de ruido de fuente.

Tabla 21. Resultados Monitoreo de Ruido Caso 3 - TULSMA 2003

| Ubicación | Fuente [dB(A)] | Fondo [dB(A)] | Corrección | LEQ _{Corregido} [dB(A)] | U (K=2) |
|-----------|----------------|---------------|---------------|----------------------------------|---------|
| P1 | 59.5 | 57.4 | Medición Nula | 59.5 | ± 3.2 |
| P2 | 64.6 | 61.2 | -3.0 | 61.6 | ± 5.0 |
| P3 | 67.2 | 66.0 | Medición Nula | 67.2 | ± 4.7 |
| P4 | 60.8 | 57.8 | -3.0 | 57.8 | ± 2.9 |



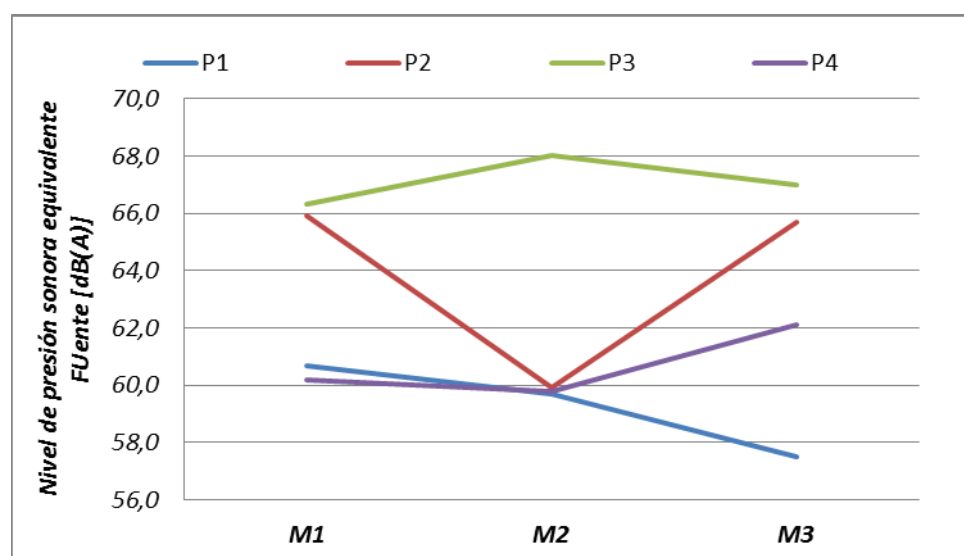


Figura 44. Niveles de presión sonora ruido de fuente por repetición Caso 3-TULSMA 2003

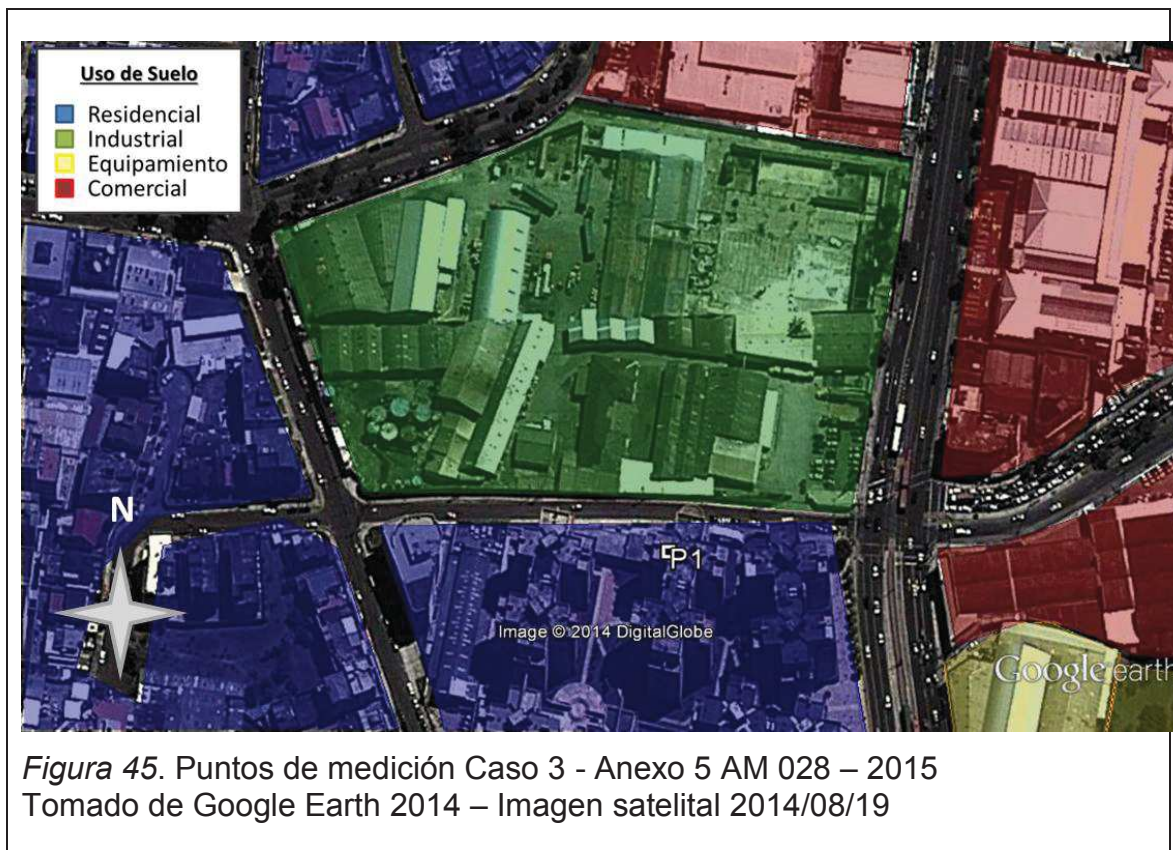
Nota: Los valores mostrados en el eje horizontal corresponden a las repeticiones realizadas durante el ensayo.

Los resultados, en general, muestran incumplimiento de la normativa ambiental; los niveles corregidos en los tres puntos de medición están por encima de los 50 [dB(A)], en una evaluación inicial se podría determinar incumplimiento de la normativa ambiental vigente.

4.3.2 Caso 3 - AM 028, Anexo 5, 2015

La norma no considera la medición de ruido en el interior de viviendas, a pesar de que esta condición no está dentro de la normativa, el generar información que provenga del interior de una vivienda permite tener datos de una de las propuestas que fue desestimada en la norma publicada en el Anexo 5 del AM 028. El ambiente sonoro que compone la zona cuenta con una diversidad de fuentes y un gran número de viviendas colindantes con el predio.

Se realizó 5 repeticiones, cada una de 15 segundos. Para evitar interferencias de los residentes de la vivienda se programó al sonómetro para encenderse automáticamente por 5 repeticiones durante un periodo de 1 hora, desde las 21:00 hasta las 22:00. La serie fue validada conforme la disposición normativa de evitar desviaciones superiores a 4 [dB].



Una vez en el punto de medición, se percibió auditivamente que las actividades de la planta tienen un importante contenido de bajas frecuencias y no se percibió ruido de impacto. Si bien estas apreciaciones no corresponden a valoraciones obtenidas mediante instrumentación, en una primera instancia se pudo percibir estas características en el ruido emitido. La información se corroboró con una entrevista a los propietarios del departamento; cuando se les pidió describir cómo son los sonidos que pueden escuchar frecuentemente, respondieron que se escuchaban ruidos similares a explosiones y sonidos de motores.

Las emisiones son continuas, por lo que se considera como ruido específico de acuerdo a las condiciones del ensayo (no se registró ruido residual).

Tabla 22. Resultados mediciones de campo Caso 3 - Anexo 5 AM 028 - 2015

| Ubicación | Ruido Específico o Le [dB(A)] | U [dB(A)] | Ruido Específico o Lle [dB(A)] | U [dB(C)] | Ruido Específico o LCe [dB(C)] | U [dB(C)] | Nivel Corregido o Lkeq [dB(A)] |
|-----------|-------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|
| P1 | 46,7 | ± 2,2 | 51,9 | ± 2,3 | 58,7 | ± 2,4 | 49,7 |

Los resultados muestran un nivel de baja frecuencia significativo, en la muestra se tiene una diferencia aritmética de 12.1 [dB]. La diferencia aritmética denota una evidente generación de contaminación acústica.

Para la comparación del muestreo, los niveles extremos no deben ser superiores a 4 [dB(A)] para dar como válida una serie, durante las repeticiones se tuvieron diferencias de alrededor de 1,5 [dB(A)] en las mediciones de ruido total y residual del punto P1.

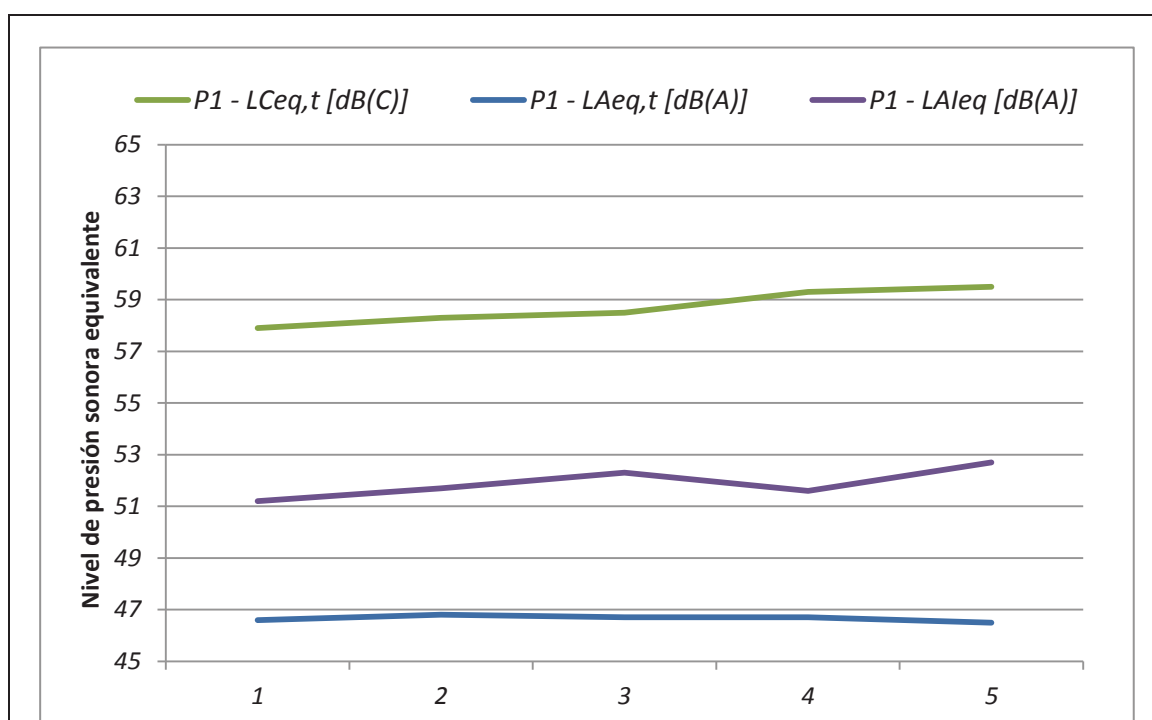


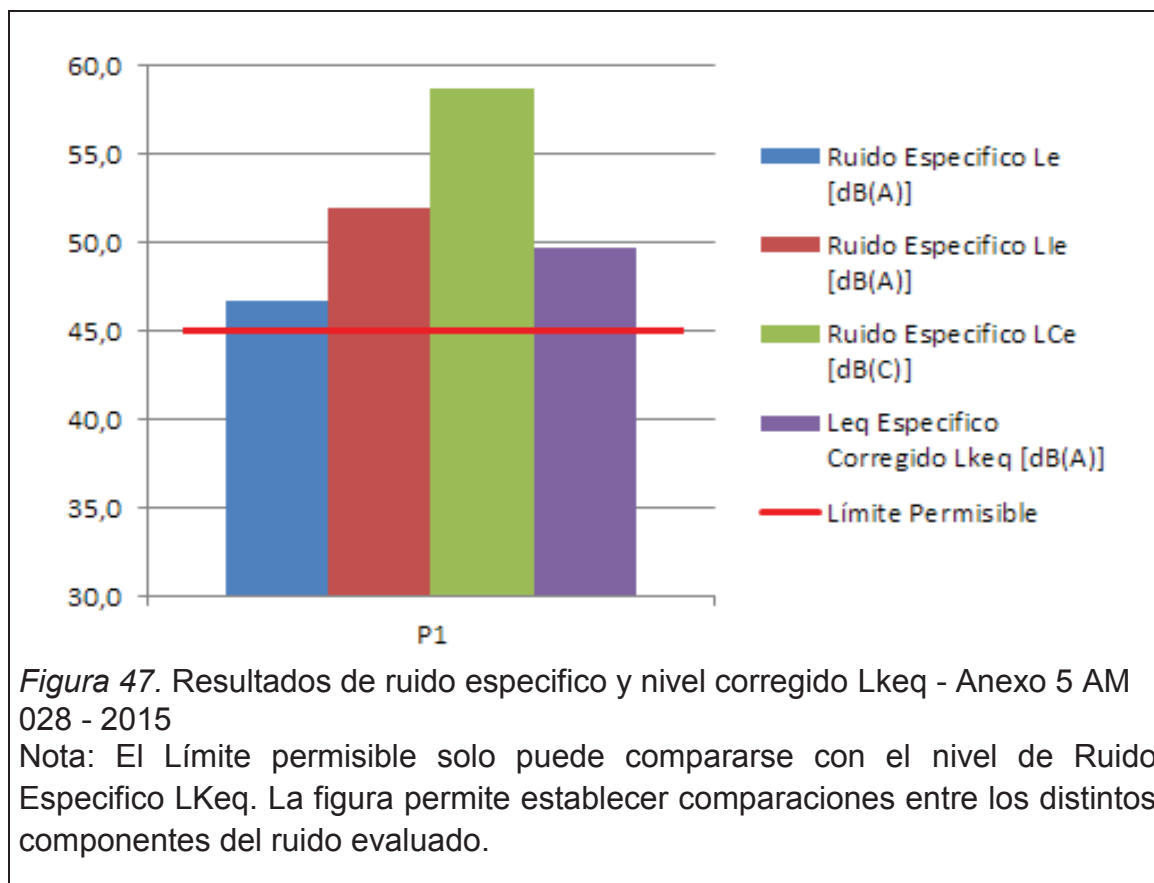
Figura 46. Ruido Total P1 – Anexo 5 AM 028 - 2015

Nota: Los acrónimos utilizados para describir los componentes del ruido corresponden a la Tabla 7.

De acuerdo a la diferencia aritmética entre el ruido específico Le y LCe, se debe hacer una corrección por el contenido de bajas frecuencias, de acuerdo a

lo establecido en la Tabla 9, se aplicó una corrección de +3 [dB(A)], para la determinación del ruido corregido LKeq de 49,7 [dB(A)].

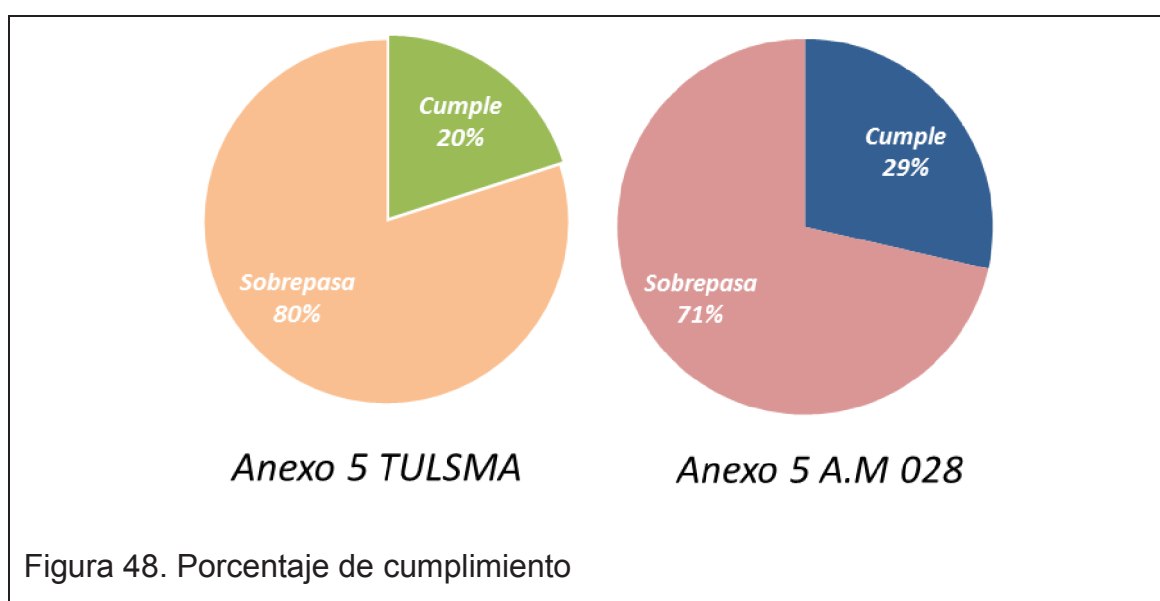
Para este caso, la normativa establece un nivel límite establecido de 45 [dB(A)], en el horario nocturno. La comparación de los resultados del ensayo se muestra en la siguiente figura.



Al comparar los resultados con el nivel de norma, se puede observar que se tiene un incumplimiento con el nivel de presión sonora establecido, al tener un nivel corregido LKeq de 49,7 [dB(A)]. Sin embargo, si se observa el nivel del ruido específico Le, este tiene un valor de 46,7 [dB(A)], valor que sobrepasa el límite permisible. Sin embargo no se pueden establecer criterios de incumplimiento a la norma ambiental por la falta de disposiciones normativas que regulen las emisiones de las FFR percibidas en el interior de viviendas. Por otro lado, se muestra que la metodología planteada en la normativa de 2015, puede ser utilizada para mediciones en el interior de viviendas.

4.4 Comparación de resultados

En la etapa práctica se realizaron mediciones en un total de 22 puntos. En cada uno de los casos se aplicó una metodología diferente para la estimación de niveles de presión sonora corregidos. Para los casos evaluados mediante la metodología del TULSMA-2003, se evidenció incumplimiento en el 80% de los puntos de medición. Mientras que para los puntos evaluados bajo la metodología publicada en el Acuerdo Ministerial No. 028-2015, se obtuvo un 71% de resultados por encima de los límites permisibles.



A pesar de que los valores resultantes de la aplicación de la normativa de 2015 se extienden en 5 [dB(A)] respecto de los valores obtenidos aplicando la normativa de 2003, el porcentaje de cumplimiento en relación con la normativa de 2015 incrementa un 9%.

El mayor número de puntos que registraron incumplimientos de la normativa se produce en el caso 1, principalmente en el horario nocturno, donde la totalidad de los puntos monitoreados sobrepasa los Límites Máximos Permitidos (LMP); bajo las dos metodologías planteadas para la comparación.

Tabla 23. Comparación de resultados Caso 1

| Metodología | Horario | Ubicación | Resultados [dB(A)] | LMP [dB(A)] |
|----------------------------|----------|-----------|--------------------|-------------|
| Anexo 5, TULSMA 2003 | Diurno | P1 | 49.8 | 50 |
| | | P2 | 50.2 | 50 |
| | | P3 | 49.8 | 50 |
| | | P4 | 45.5 | 50 |
| | Nocturno | P1 | 48.7 | 40 |
| | | P2 | 45.1 | 40 |
| | | P3 | 48.3 | 40 |
| | | P4 | 47.9 | 40 |
| Anexo 5 A.M 028 2015 | Diurno | P1 | 52.1 | 55 |
| | | P2 | 51.4 | 55 |
| | Nocturno | P1 | 52,1 | 45 |
| | | P2 | 50,5 | 45 |

Nota: Los valores sombreados en rojo corresponden a valore que sobrepasan los límites establecidos.

Los resultados muestran que la aplicación de la normativa del Acuerdo Ministerial No. 028, incrementa los niveles corregidos debido a la adición de factores de corrección por características importantes en baja frecuencia y por impulsividad. En este caso, se observa que los resultados obtenidos bajo la normativa de 2015 tiene una menor diferencia entre las mediciones del horario diurno respecto a la medición nocturna, es así que en el punto P1 se obtuvo el mismo resultado que en la medición nocturna, mientras que en el punto P2 la diferencia entre los resultados diurno y nocturno fue de 0,9 [dB(A)].

Para el caso 2, se tuvieron condiciones favorables para la toma de muestras al tener una reducida influencia del ruido residual. Con la aplicación de la metodología de 2003, se obtuvo un 100% de cumplimiento en la evaluación; por otro lado, la medición realizada con la metodología del Acuerdo Ministerial No. 028 registró un nivel igual al establecido como límite permisible. En este caso, es importante considerar que los puntos de medición P1 y P2 fueron localizados en la misma posición para las dos metodologías.

Tabla 24. Comparación de resultados Caso 2

| Metodología | Horario | Ubicación | Resultados [dB(A)] | LMP [dB(A)] |
|---------------------------|---------|-----------|--------------------|-------------|
| Anexo 5 TULSMA 2003 | Diurno | P1 | 45.5 | 50 |
| | | P2 | 48.1 | 50 |
| | | P3 | 43 | 50 |
| Anexo 5 A.M 028 2015 | Diurno | P1 | 55.0 | 55 |
| | | P2 | 49.5 | 55 |

Nota: Los valores sombreados en rojo corresponden a valores que sobrepasan los límites establecidos.

En el punto P1, se evidencia una diferencia de alrededor de 10 [dB(A)] entre las metodologías utilizadas, en este punto se evidencia la contribución de las correcciones por baja frecuencia. En el segundo punto de medición se evidenció cumplimiento en las dos metodologías planteadas.

En el tercer caso, para la medición realizada bajo la metodología de 2003, se evidenció la influencia del tráfico vehicular, el cual no pudo ser discriminado de las mediciones al tratarse de una fuente constante en el sector; los resultados obtenidos en este entorno registraron valores por encima de los límites establecidos, de acuerdo al uso de suelo de la zona. Sin embargo, estos resultados no corresponden exclusivamente al ruido producido por la planta.

Tabla 25. Comparación de resultados Caso 2

| Metodología | Horario | Ubicación | Resultados [dB(A)] | LMP [dB(A)] |
|---------------------------|----------|-----------|---------------------|-------------|
| Anexo 5 TULSMA 2003 | Diurno | P1 | 59.5 | 50 |
| | | P2 | 61.6 | 50 |
| | | P3 | 67.2 | 50 |
| | | P4 | 57.8 | 50 |
| Anexo 5 A.M 028 2015 | Nocturno | P1 | 49,7 ^(*) | 45 |

Nota: Los valores sombreados en rojo corresponden a valores que sobrepasan los límites establecidos.

Para la evaluación de acuerdo a la metodología de 2015, se realizó una variante, la muestra fue registrada en el balcón de una vivienda colindante a la planta; si bien esta condición de evaluación no fue incorporada en la legislación, la evaluación de este caso muestra la factibilidad de la metodología para realizar evaluaciones en el interior de viviendas.

4.5 Verificaciones del Equipo de Medición

Como medidas de control de calidad, se realizaron verificaciones mediante un calibrador acústico (ver Tabla 13); los criterios de aceptación definidos para este caso fueron de una tolerancia máxima de ± 1 [dB]. Las verificaciones se realizaron antes y después de cada uno de los casos planteados.

Los resultados de la verificación se detallan en la tabla que se muestra a continuación, en la que se muestran también las verificaciones individuales respecto a los niveles de referencia correspondientes.

Tabla 26. Resultados de las verificaciones con calibradores acústicos

| Muestra | Antes del ensayo | | Después del ensayo | |
|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | Lectura 114 [dB(C) 250 [Hz] | Lectura 114 [dB(C) 1000 [Hz] | Lectura 114 [dB(C) 250 [Hz] | Lectura 114 [dB(C) 1000 [Hz] |
| Caso 1 | 114,1 | 114 | 114,1 | 114,1 |
| Caso 2 | 114,1 | 114 | 114,0 | 114 |
| Caso 3 | 114,0 | 114,1 | 114,0 | 114 |
| Promedio | 114,1 | 114,0 | 114,0 | 114,0 |
| Desviación Estándar | 0,058 | 0,058 | 0,058 | 0,058 |
| Cvr (%) | 0,051 | 0,051 | 0,051 | 0,051 |
| Diferencia nivel de Referencia | -0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Las verificaciones muestran que no se obtuvieron diferencias en las verificaciones donde se registró una desviación máxima de -0,1 [dB] en las pruebas individuales mientras que los coeficientes de variación Cvr estuvieron por debajo del 1%.

5 Propuesta

Como uno de los objetivos específicos, se planteó el proponer un método de medición y evaluación de ruido ambiental, partiendo de las opciones de mejora identificadas en la revisión de las disposiciones generales en el Capítulo 2 y la etapa experimental, desarrollada en el Capítulo 4. Es importante destacar que la norma de 2015 extiende el número de variables para la cuantificación del ruido ambiental, incorporando la valoración de componentes de baja frecuencia y las características de impulsividad del ruido, con lo cual se puede identificar una mejora en la sistemática de medición y criterios de evaluación de ruido ambiental. Por lo expuesto, dentro de este capítulo no se formulan recomendaciones al procedimiento de medición, puesto que no se identifican falencias, sin embargo, una vez publicada la normativa se identificaron algunos errores de forma que deben ser considerados para una revisión por parte del MAE.

Por otro lado, si se compara el procedimiento de medición establecido en la normativa de 2015 con la norma internacional ISO 1996-2, aún no se establecería correcciones por tonalidad, este componente no fue considerado dentro de la norma, por la ausencia de equipos con analizadores espectrales en los laboratorios acreditados ante el SAE.

5.1 Revisión Versión Impresa Anexo 5 del Acuerdo Ministerial No. 028

La norma de ruido fue publicada mediante Acuerdo Ministerial No. 028 del registro oficial No. 270 del 13 de febrero de 2015. La norma reemplaza al Anexo 5 del Libro VI del TULSMA 2003.

Una vez publicada la norma de 2015, se pudo identificar varios errores tipográficos producidos en la digitalización del documento, estos errores dificultan la lectura. Además, la ecuación para corrección por ruido residual (ver (Ecuación 7)) no es legible y puede dificultar la estimación de resultados.

En los flujogramas utilizados para la estimación del nivel corregido L_{keq} (Anexo 3 de la norma), se evidencia un error en la estimación del ruido específico; en

todas las ecuaciones se muestra un signo menos, cuando se debería tener un signo más, debido a que la corrección por ruido residual se obtiene en números negativos. Dentro de esta sección, se observa que en la tabla de los coeficientes de corrección kimp y kbf, estos están intercambiados.

Estos errores pueden ser observados en el Anexo 2, correspondiente al Anexo 5 del Acuerdo Ministerial No. 028.

5.2 Propuesta Normativa Ambiental

5.2.1 Instrumentación

Equipos compuestos por micrófonos con pantalla anti viento, cables de conexión, grabadoras (si las hay), debe cumplir con los siguientes certificaciones (ISO 1996, 2009, p. 8).

Clase 1 – Norma IEC 61672-1:2002;

Clase 2 – Norma IEC 61672-1:2002

Se debe contar con patrones de verificación tipo pistófono, capaces de generar un tono puro de 1000 [Hz] y un nivel de presión sonora equivalente de 94 [dB] o una presión acústica de 1 [Pa]. El pistófono puede ser clase 1 o 2, según la norma IEC 60942:2003 y debe adaptarse completamente al micrófono de medición.

No se pueden realizar mediciones sin pantalla anti vientos, la cual debe estar en buenas condiciones, sin deformaciones que alterar su forma esférica.

Para el caso de denuncias o proceso legales, que requieran la realización de una medición de ruido ambiental, es necesario que este ensayo se realice con equipos de clase 1, ya que estos son instrumentos de alta precisión y mayor jerarquía metrológica.

5.2.2 Calibraciones y Verificaciones Intermedias

El equipo de medición no puede realizar mediciones sin que cuente con su certificado de calibración vigente. Las calibraciones deben ser realizadas por

un laboratorio que cuente con la acreditación para la calibración de equipos de medición y pistófonos, de tal forma que se mantenga la cadena ininterrumpida de calibraciones y permita establecer una trazabilidad en las mediciones.

Las calibraciones de los instrumentos de ensayos deben realizarse como máximo cada dos años, evidenciando conformidad de la norma IEC correspondiente. Mientras que para los pistófonos, utilizado para las verificaciones del sonómetro, debe ser calibrado por lo menos 1 vez al año.

Para evidenciar el funcionamiento, debe realizar verificaciones del equipo de medición con un pistófono antes y después del ensayo. Los resultados deben ser reportados dentro del informe de resultados.

5.2.3 Condiciones ambientales

Durante la toma de muestra, se deben tener condiciones representativas del lugar. En monitoreos no se pueden realizar mediciones en presencia de lluvia y vientos con velocidades superiores a 5 [m/s], salvo en casos donde las condiciones ambientales adversas sean predominantes, de acuerdo a la ubicación del punto a analizar; en ese caso se podrían realizar mediciones pese a tener vientos superiores a 5 [m/s].

Para verificaciones de funcionamiento con el pistófono (calibrador acústico) se debe registrar la temperatura y la humedad relativa, durante la verificación.

Las condiciones ambientales durante la toma de muestras deben ser registradas mediante un anemómetro. Dentro del informe de resultados se debe reportar: nivel de temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento.

5.2.4 Funcionamiento de la Fuente

Las condiciones de operación de la fuente deben ser representativas de la operación habitual de la FFR. Los horarios y días de medición deberán fijarse de acuerdo a los resultados de las encuestas de percepción y perturbación, de

acuerdo a lo establecido en la normativa de 2015; para el programa de relaciones comunitarias del PMA, de cada regulado.

5.2.5 Estimación de resultados y criterios de evaluación

La estimación de resultados se debe realizar de acuerdo a la metodología planteada en la normativa de 2015, tanto para el procedimiento de medición como para el criterio de evaluación de ruido ambiental.

5.2.6 Contenido del informe de resultados

El reporte de resultados, debe considerar al menos la siguiente información:

- a) Fecha y hora de cada una de las mediciones;
- b) Descripción del instrumento de medición, se debe adjuntar el certificado de calibración;
- c) Tiempo de medición y número de repeticiones realizadas por punto de medición;
- d) Resultados de nivel de presión sonora equivalente para: ruido total, específico y residual;
- e) Niveles de presión sonora máximos, mínimos y niveles percentiles L90 y L10, estos parámetros deben reflejar la desviación de la muestra;
- f) Resultados de incertidumbre expandida U, utilizando un factor de cobertura K igual a 2 (95% de confianza), con dos cifras significativas;
- g) Descripción del ruido residual existente durante la toma de muestras;
- h) Condiciones ambientales por puntos de medición, velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica;

- i) Descripción de las condiciones de operación del regulado, de ser posible incluir indicadores de producción del día en el cual se llevó acabo la toma de muestras;
- j) Desviaciones y contratiempos presentados durante la toma de muestras.

Por otro lado, se debe solicitar un respaldo de los registros digitales, los cuales pueden ser anexados al informe de resultados para corroborar las mediciones obtenidas en cada una de las repeticiones del ensayo. No se pueden considerar como información primaria (datos de campo) resultados editables. El requerimiento no se extiende a formatos como hojas de campo o similares.

5.2.7 Evaluación y Control de Calidad

La evaluación se realiza mediante la comparación entre el Nivel de presión Sonora Equivalente Corregido $L_{K_{eq}}$ [dB(A)] y los límites permisibles de ruido, de acuerdo al uso de suelo asignado a la zona donde se encuentra el regulado. El nivel corregido $L_{K_{eq}}$ se obtiene tras la aplicación de correcciones al nivel de presión sonora equivalente específico L_e . En este punto, se requiere ampliar los criterios de evaluación para ruidos que tengan un contenido significativo de baja frecuencia y ruidos de impacto, de tal forma que se pueda reducir los impactos producidos por una actividad.

La veracidad de los resultados se puede comprobar a través de la consideración de superar el límite de 4 [dB(A)] entre los rangos extremos por cada serie de repeticiones. La fiabilidad de las muestras se debe comparar con los niveles máximo y mínimo, niveles percentiles L_{90} y L_{10} ; donde no puede haber una desviación entre estos valores y el nivel promedio al tratarse de tiempos de medición menores a 1 minuto.

En el caso de encontrar alguna irregularidad en los resultados, la autoridad ambiental debe solicitar al laboratorio responsable del ensayo que proporcione la información necesaria, de tal forma que se pueda solventar las

observaciones. Si se considera necesario, la autoridad puede realizar inspecciones a los sitios de medición.

En el caso que los resultados de las mediciones sean almacenados en el sonómetro, se podrán adjuntar como datos primarios los registros digitales del programa utilizado para descargar la información.

5.2.8 Implantación de Medidas de Control

Para la instalación de medidas de control de ruido, el regulado deberá presentar como mínimo ante la autoridad ambiental, un informe técnico donde se evidencien las especificaciones de los materiales, utilizando entre las que se deberá considerar como mínimo las especificaciones de: punto de ignición, coeficientes de absorción, técnicas utilizadas para la implementación, responsable del diseño, entre otros indicadores utilizados comúnmente para la especificación de materiales empleados generalmente en el control de ruido.

La eficacia de las medidas de control de ruido será evidenciada mediante las evaluaciones de ruido ambiental o la medición de indicadores de aislamiento o absorción acústica, de acuerdo al caso.

5.2.9 Medidas de Seguridad

Como medidas de seguridad se establece como obligatorio el uso de chalecos reflectivos y conos de seguridad, para mediciones que se realicen en vías públicas.

Si se realiza mediciones en alturas superiores al nivel del plano horizontal (suelo o piso), se debe contar con una estructura rígida; se deben tomar todas las precauciones para evitar caídas del personal técnico encargado de las mediciones y de los instrumentos de medición.

5.3 Políticas Regulatorias

Dentro de la normativa se establecen varias regulaciones para complementar la gestión ambiental y poder establecer un adecuado control de las emisiones de ruido ambiental.

5.3.1 Fuentes Móviles

Para el caso de fuentes móviles se debe exigir que los responsables de la competencia de tránsito verifiquen el cumplimiento de las especificaciones para la toma de muestras y los niveles de máximos permisibles de la norma de 2015 y las normas del INEN aplicables. Se debe promover, mediante políticas reglamentarias, la ejecución de controles en la vía pública y campañas para reducir el uso innecesario de pitos y bocinas.

La legislación de 2015 no establece como necesaria la acreditación ante el SAE, del responsable de realizar las mediciones; por otro lado se define como una regulación el uso de sonómetros clase 1, para la toma de muestras. En este caso, al menos se debe solicitar a la autoridad competente, la elaboración de un protocolo de medición, programas de calibración, verificación de sus sonómetros y registros de capacitación para los técnicos encargados de realizar las mediciones.

5.3.2 Mapas de Ruido

La autoridad ambiental debe mantener una política para la generación de información que permita establecer un diagnóstico del ruido ambiental y el control de las emisiones de ruido producidas por automotores. La norma técnica de 2015 incorpora la necesidad de generar mapas de ruido para los municipios con más de 250.000 habitantes, enfocándose, en primera instancia, en el ruido percibido en las vías principales para posteriormente contar con información de las zonas críticas de cada municipalidad.

De acuerdo al Censo de 2010 realizado por el INEC, las ciudades con poblaciones superiores a 250.000 habitantes son seis: Guayaquil, Quito, Cuenca, Santo Domingo, Ambato y Portoviejo, sin embargo, considerando la proyección de población para el año 2020, estas municipalidades incrementarán en 3 cantones (9 cantones en total).

Tabla 27. Cantones más poblados 2010 y proyección al 2020

| Cantón | Habitantes 2010 | Proyección 2020 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| Guayaquil | 2350915 | 2723665 |
| Quito | 2239191 | 2781641 |
| Cuenca | 505585 | 636996 |
| Santo Domingo de los Colorados | 368013 | 458580 |
| Ambato | 329856 | 387309 |
| Portoviejo | 280029 | 321800 |
| Machala | 245972 | 289141 |
| Durán | 235769 | 315800 |
| Riobamba | 225741 | 264048 |

Fuente: INEC – Censo 2010

Desde el punto de vista técnico, la normativa de 2015 no incorpora la sistemática para la elaboración de los mapas de ruido. Es necesario delimitar las especificaciones para desarrollar los mapas de ruido, puesto que sin ello, se evidenciaría una falta de estandarización y el incumplimiento de los parámetros necesarios para la construcción de un mapa de ruido, además de que el método utilizado para este fin puede no ser el más eficiente. Con una estandarización de la metodología, se puede obtener datos comparables entre distintas ciudades del país.

En la actualidad, existe una variedad de herramientas que permiten elaborar mapas de ruido por simulaciones, las cuales se construyen a partir de las especificaciones técnicas y/o acústicas de su funcionamiento.

5.4 Revisión de Normas Técnicas

La diferencia más destacable entre la normativa de 2003 y la norma de 2015, radica en el procedimiento de medición, el método de evaluación (correcciones aplicables) y la extensión de los límites permisibles de ruido; estos cambios demuestran la evidente actualización de la normativa.

Es necesario, por tanto, establecer y ejecutar revisiones periódicas de la normativa técnica, donde se considere las experiencias y propuestas de laboratorios, regulados y autoridades competentes y se realicen las debidas correcciones de forma y fondo, de ser el caso.

El MAE en conjunto con el SAE, deberían implementar un sistema para la atención de dudas respecto a la aplicación de la norma técnica de ruido, además de contar con planes de capacitación; de tal forma que se pueda brindar un soporte técnico, para autoridades ambientales, laboratorios y regulados.

6 Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

Tras realizar comparaciones de los métodos de medición de ruido de las normas ambientales ecuatorianas publicadas en 2003 y en 2015, la realización de ejercicios prácticos y revisiones documentales, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

La metodología del Anexo 5 Libro VI del TULSMA 2003, no tiene un alcance suficiente para la caracterización del ruido generado por una fuente fija. Entre las principales falencias se puede destacar el uso de tiempos de medición prolongados, la ausencia de criterios para el control de calidad de las mediciones, las evaluaciones tienen un carácter limitado al considerar muestreos únicamente en el rango central de frecuencias (ponderación A), la ambigüedad en los criterios de corrección, y un limitado listado de usos de suelo para establecer límites permisibles.

La publicación de la norma técnica de 2015, modifica por completo el procedimiento de medición y evaluación de las emisiones de ruido ambiental. Además de incluir la caracterización de componentes impulsivos y de baja frecuencia, permitiendo contar con un mayor número de variables para la evaluación de la contaminación por ruido.

La normativa de 2015 modifica las definiciones y conceptos de ruido ambiental, logrando contar con una estandarización entre la norma ambiental nacional y la norma ISO 1996-1; con lo cual se puede extender la trazabilidad de los resultados al SI, para establecer comparación de los resultados con evaluaciones realizadas en otras zonas geográficas, como Europa o Norte América. Esto quiere decir que los informes de resultados generados por los laboratorios a nivel nacional, tendrán un contenido similar en los parámetros de evaluación en otras regiones del mundo. Sin embargo, para alcanzar una estandarización es importante considerar la incorporación de correcciones por tonalidad, de acuerdo a la norma ISO 1996-1; como un objetivo para la próxima

revisión de la normativa ambiental, conjuntamente con la adquisición de equipos de medición que permitan la medición del contenido espectral.

Respecto de los tiempos de medición, en el capítulo 4, se puede demostrar que la realización de mediciones por períodos de tiempo definidos en la normativa del 2003 se ve influenciada a sonidos externos al evaluado, el sonómetro se expone a registrar Niveles de Presión Sonora NPS de todas las fuentes que componen el paisaje sonoro del sitio evaluado. La normativa de 2015, reduce los tiempos de medición a períodos de 5 o 15 segundos por muestra; además se establecen dos criterios para el control de calidad, el primero corresponde a definir un número mínimo de repeticiones en función del tiempo de medición seleccionado y el segundo corresponde a definir una diferencia máxima de 4 [dB]. entre los valores extremos para considerar como válida una serie.

La reducción en los tiempos de medición pretende que la medición registre las emisiones producidas exclusivamente por la fuente evaluada sobre el resto de fuentes que existen en el lugar. En la etapa experimental, Capítulo 4, los ensayos que se realizaron bajo la metodología de 2015, tuvieron menores desviaciones e incertidumbres más bajas que los ensayos realizados con la metodología de 2003. Por lo tanto, el considerar tiempos de medición prolongados para evaluaciones puntuales, no garantiza mejores resultados.

Dentro de las disposiciones generales de la normativa de 2015, se considera la valoración de percepción del ruido mediante la realización de encuestas de percepción como una actividad del PMA de cada regulado, de tal forma que se pueda dar seguimiento a la percepción de la contaminación acústica de los receptores del sector; por medio de información primaria de los posibles afectados se puede obtener información respecto a los horarios de mayor generación de ruido y el grado de molestia que tienen las personas respecto a las emisiones valoradas. Esto complementa los resultados de las mediciones ya que se considera a la percepción de los residentes como un criterio de evaluación, al igual que permite obtener información para los horarios de mayor generación para posteriores mediciones.

Respecto a las disposiciones para la elaboración de mapas de ruido la norma técnica de 2015, no se establece un procedimiento para la elaboración del mapa y los parámetros que se deben utilizar para las curvas isófonas, no existe una estandarización en colores por rango de nivel; entre otros parámetros necesarios para la elaboración de los mapas de ruido. En tal virtud, el MAE debería emitir un documento oficial (instructivo) que especifique los procedimientos y técnicas apropiados para la elaboración de los mapas de ruido, de tal forma que se pueda dar cumplimiento a la elaboración de estos mapas para las ciudades con más de 250.000 habitantes y los datos puedan ser comparables. En un contexto más amplio, la elaboración de mapas de ruido debe ser discutida en un marco regional, de tal forma que se puedan obtener resultados que pueden ser comparados a nivel regional y mundial, de tal manera que se puedan estandarizar procesos de medición y políticas de gestión.

Dentro de los objetivos planteados para la elaboración de esta tesis, se consideró en una primera instancia, formular una propuesta de método de medición, no se llegó a proponer una sistemática de medición, al considerar que la normativa de 2015 plantea un procedimiento totalmente nuevo al utilizado desde el año 2003 y principalmente al no identificar falencias en la sistemática de medición durante la toma de muestras. Se podría proyectar como un objetivo para la próxima revisión la incorporación de las correcciones por tonalidad.

Es importante considerar que la revisión de la norma actual de ruido ambiental tomó 2 años, y de la versión presentada por el consultor inicial, no se mantiene ninguna de las modificaciones incorporadas.

6.2 Recomendaciones

Luego de la realización de esta tesis, se puede establecer las siguientes recomendaciones, enfocadas en mejorar la gestión de la contaminación por ruido.

Es necesario establecer políticas para la certificación de los materiales empleados para el control de ruido ambiental, mediante absorción y aislamiento acústico. Al igual que la generación de una norma técnica para el control de vibraciones para la construcción de hospitales o edificios que sean necesarios para solventar emergencias en el país.

Las evaluaciones ambientales del componente ruido en el país se rigen en base al estricto cumplimiento de la normativa ambiental, en una primera instancia el perfil del Técnico Ambiental de las Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable cuenta con la suficiente capacidad para aplicar el cumplimiento de un reglamento, sin embargo, dentro del contexto técnico es posible que la mayoría de técnicos ambientales del Ecuador no tenga la formación requerida para interpretar un gráfico de nivel de presión sonora por tercio de octava de manera objetiva; es así como la disposición de la norma del 2015 para actividades que se desarrollen en usos de suelo de áreas protegidas como son los sectores de minería e hidrocarburos, quedaría sin ser aplicada. Por tanto, se debe considerar impartir capacitaciones a las autoridades ambientales que no solo se enfoquen en la aplicación de la normativa, se deben impartir conceptos técnicos fundamentales de acústica.

La calibración con trazabilidad al SI de los sonómetros, constituye una problemática, ya que se tienen que enviar los equipos a laboratorios de calibración en el país o establecer convenios de cooperación en el extranjero para la realización de calibraciones, lo cual se verá influenciado sobre el tiempo del transporte de los equipos y el costo actual del servicio.

Dentro de la realización de ejercicios inter laboratorios, se debería considerar la inclusión de ruidos de baja frecuencia y ruidos de impacto, de tal forma que se pueda evaluar el desempeño de estos componentes para cada laboratorio. En

ese caso, se puede buscar la alternativa de realizar las pruebas inter laboratorios, en instalaciones que cuenten con los equipos idóneos para estas pruebas, tal como infraestructura con la que cuenta la Universidad de las Américas.

REFERENCIAS

- 3M QUEST. (2012). Manual de usuario SoundPro.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Montecristi.
- Bureau International des Poids et Mesures BIPM. (2008). Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados VIM.
- Cámara de Industrias y Producción CIP. (14 de 05 de 2014). *NOTICIP*. Recuperado el 2 de 11 de 2014, de <http://www.cip.org.ec/attachments/article/2277/NOTICIP%2030%20MAYO%202014.pdf>
- Coneza, V. (2003). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Decreto Ejecutivo 1215. (2001). Reglamento Ambiental de Actividades Hidrocarburíferas RAOHE. *Decreto Ejecutivo 1215*.
- E & E Consulting. (Marzo de 2011). Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental del Proyecto de Prospección Sísmica.
- Gerges, S. (1998). *Ruido Fundamentos y Control*.
- Gonzáles. (2014). What does "Noise Pollution" Mean? Montevideo, Uruguay.
- González. (2006). Del concepto de ruido urbano al de paisaje sonoro. *Bitacora* , 48.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC. (2012). *Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2010 2011 2012*. Recuperado el 21 de 09 de 2014, de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios/Presentacion_GADMunicipios.pdf
- Joint Committee for Guides in Metrology JCGM. (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida*. España.
- Kinsler, L. (1992). *Fundamentos de Acústica*. México.
- Ministerio Coordinador de Política Económica MCPE. (2011). COOTAD. *Código orgánico de organización territorial, economía y descentralización*.
- Ministerio del Ambiente. (1999). Ley de Gestión Ambiental. Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2003). TULSMA LIBRO VI. Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2005). Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente. Ecuador.

- Ministerio del Ambiente. (2012). Propuesta Anexo 5 Libro VI TULSMA. Ecuador:
Versión: Ing. Katty Coral.
- Ministerio del Ambiente. (22 de Mayo de 2013). Acuerdo Mnisterial N°068. *Reformar al texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente Libro VI, Título I del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA)*. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2014). Acuerdo Ministerial N° 006. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Anexo 5 . *Acuerdo Ministerial No. 028* . Quito.
- Montrun N, R. V. (Junio de 2006). *Medición del Impacto Ocasionado por Ruidos Esporádicos de Corta Duración*. Recuperado el 16 de Febrero de 2015, de Scielo: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442006000600006&script=sci_arttext
- Organización Internacional de Normalización ISO. (15 de 05 de 2005). ISO/IEC 17025 Requisitos generales para la competnecia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
- Organización Internacional de Normalización ISO. (Junio de 2005). ISO1996-1 Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación. Madrid, España.
- Organización Internacional de Normalización ISO. (Septiembre de 2009). ISO 1996-2 Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental. Madrid, España.
- Sadrine, S. (31 de Agosto de 2012). *CALETEC*. Recuperado el 24 de Abril de 2014, de <http://www.caletec.com/blog/6sigma/exactitud-precision-y-sesgo-de-los-sistemas-de-medida/>
- Servicio de Acreditación Ecuatoriano SAE. (s.f.). Recuperado el 05 de 08 de 2014, de Sitio web OAE:
http://acreditacion.oae.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=37&Itemid=129
- Servicio de Acreditación Ecuatoriano SAE. (31 de Enero de 2015). *Laboratorios Acreditados*. Recuperado el 25 de Mayo de 2014, de http://acreditacion.oae.gob.ec/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=155
- Varinia. (27 de Julio de 2009). *CONCIENCIATEC*. Recuperado el 4 de Mayo de 2014, de <http://varinia.es/blog/2009/07/27/%C2%BFque-es-el-nivel-sonoro-equivalente/>

ANEXOS

Anexo 1. Certificados de Calibración Sonómetro y Calibrador

NIST Traceable
Calibration Report



Reference Number: 411923
 PO Number: PREYES112013

Calidad Ambiental
 Pasaje Malaga N24-G87
 Y Coruna
 Quito, Ecuador



Manufacturer: Quest Technologies
Model Number: SOUNDPRO SE/DL
Description: Safety Instrument, Sound Meter
Asset Number: EE/03-08
Serial Number: BDL120001
Procedure: DS Quest Technologies SoundPro SE/DL
Remarks:

Calibration Date: 11/20/2013
Calibration Due Date: 11/20/2015
Condition As Found: In Tolerance
Condition As Left: In Tolerance, No adjustment

NIST-traceable calibration performed on the unit referenced above in accordance with customer requirements, published specifications and the lab's standard operating procedures. No adjustments were made to the unit.

Standards Utilized

| Asset No. | Manufacturer | Model No. | Description | Cal. Date | Due Date |
|-----------|--------------------|-----------|-----------------------------|------------|------------|
| CP05012 | Quest Technologies | QC-20 | Calibrator, Sound, 94/114dB | 06/25/2013 | 12/25/2014 |

Calibration Data

| FUNCTION TESTED | Nominal Value | As Found | Out of Tol | As Left | Out of Tol | CALIBRATION TOLERANCE |
|-----------------|--------------------|----------|------------|---------|------------|---|
| LAF | 114.0 dB 1 kHz | 113.3 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LAS | 114.0 dB 1 kHz | 113.4 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LAI | 114.0 dB 1 kHz | 113.5 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LAI | 94.0 dB 1 kHz | 93.4 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LAF | 94.0 dB 1 kHz | 93.4 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LAS | 94.0 dB 1 kHz | 93.3 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LCS | 94.0 dB 1 kHz | 93.2 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LCI | 94.0 dB 1 kHz | 93.4 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LCF | 94.0 dB 1 kHz | 93.4 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LCF | 94.0 dB 250 Hz | 93.1 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LCS | 94.0 dB 250 Hz | 93.1 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LCI | 94.0 dB 250 Hz | 93.0 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LCI | 114.0 dB 250 Hz | 113.2 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LCF | 114.0 dB 250 Hz | 113.6 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LCS | 114.0 dB 250 Hz | 113.6 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LCS | 114.0 dB 1 kHz | 113.4 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LCI | 114.0 dB 1 kHz | 113.4 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LCF | 114.0 dB 1 kHz | 113.4 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LZS | 94.0 dB 1 kHz | 93.6 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |

Calibration Data

| FUNCTION TESTED | Nominal Value | As Found | Out of Tol | As Left | Out of Tol | CALIBRATION TOLERANCE |
|-----------------|--------------------|----------|------------|---------|------------|---|
| LZI | 94.0 dB 1 kHz | 93.4 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LZF | 94.0 dB 1 kHz | 93.4 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LZF | 94.0 dB 250 Hz | 93.5 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LZS | 94.0 dB 250 Hz | 93.6 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LZI | 94.0 dB 250 Hz | 93.7 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LZI | 114.0 dB 250 Hz | 113.2 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LZF | 114.0 dB 250 Hz | 113.6 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LZS | 114.0 dB 250 Hz | 113.5 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LZS | 114.0 dB 1 kHz | 113.4 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LZI | 114.0 dB 1 kHz | 113.2 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LZF | 114.0 dB 1 kHz | 113.4 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LFS | 94.0 dB 1 kHz | 93.5 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LFI | 94.0 dB 1 kHz | 93.4 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LFF | 94.0 dB 1 kHz | 93.4 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LFF | 94.0 dB 250 Hz | 93.6 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LFS | 94.0 dB 250 Hz | 93.6 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LFI | 94.0 dB 250 Hz | 93.5 | | Same | | 92.0 to 96.0 dB [EMU 0.39 dB][TUR 5.1:1] |
| LFI | 114.0 dB 250 Hz | 113.6 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LFF | 114.0 dB 250 Hz | 113.6 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LFS | 114.0 dB 250 Hz | 113.5 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LFS | 114.0 dB 1 kHz | 113.4 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LFI | 114.0 dB 1 kHz | 113.4 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |
| LFF | 114.0 dB 1 kHz | 113.4 | | Same | | 112.0 to 116.0 dB [EMU 0.40 dB][TUR 4.9:1] |

Temperature: 19° C
Humidity: 39% RH
Rpt. No.: 482391

| Calibration Performed By: | | | Quality Reviewer: | |
|---------------------------|-------------|--------------|-------------------|------------|
| Weiser, Ronald | Metrologist | 847-327-5329 | Ziegler, Jeff | 11/21/2013 |
| Name | Title | Phone | Name | Date |

This report may not be reproduced, except in full, without written permission of Innocal. The results stated in this report relate only to the items tested or calibrated. Measurements reported herein are traceable to SI units via national standards maintained by NIST and were performed in compliance with MIL-STD-45662A, ANSI/NCSS Z540-1-1994, 10CFR50, Appendix B, ISO 9002-94, and ISO 17025:2005. Guard Banding, if reported on this certificate, is applied at a Z-factor of 30% for test points with a test uncertainty ratio (TUR) below 4:1. The estimated measurement uncertainty (EMU), if reported on this certificate, is being reported at a confidence level of 95% or K=2 unless otherwise noted in the remarks section.

Report Number: 482391

Quest Technologies / SOUNDPRO SE/DL, Safety Instrument, Sound Meter





Certificate of Calibration

Certificate No: 5502588AC30000146-0

Submitted By: CALIDAD AMBIENTAL
9810 TANNER RD # 170
HOUSTON, TX 77041

Serial Number: AC30000146-0 Date Received: 11/25/2013
Customer ID: Date Issued: 11/27/2013
Model: AC-300 CALIBRATOR Valid Until: 11/27/2014

Test Conditions: Model Conditions:
Temperature: 18°C to 29°C As Found: IN TOLERANCE
Humidity: 20% to 80% As Left: IN TOLERANCE
Barometric Pressure: 890 mbar to 1050 mbar

SubAssemblies:
Description: Serial Number:

Calibration Procedure: 057V879

Reference Standard(s):
I.D. Number Device Last Calibration Date Calibration Due
ET0000556 B&K ENSEMBLE 5/10/2013 5/10/2014

Measurement Uncertainty:
+/- 1.1% ACOUSTIC (0.1DB) +/- 0.012% HZ
Estimated at 95% Confidence Level (k=2)

Calibrated By: Bryan Rasmussen 11/27/2013
BRYAN RASMUSSEN Service Technician

Reviewed/Approved By: [Signature] 11/27/2013
Technical Manager/Deputy

This report certifies that all calibration equipment used in the test is traceable to NIST or other NMI, and applies only to the unit identified under equipment above. This report must not be reproduced except in its entirety without the written approval of 3M Detection Solutions.





Certificate of Calibration

Certificate No: 5502588AC30000146-0

(A) indicates out of tolerance condition

| <u>Test Type</u> | <u>Nominal</u> | <u>Tolerance-</u> | <u>Tolerance+</u> | <u>As Found</u> | <u>As Left</u> | <u>Unit</u> |
|------------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------|
| Cal/1kHz/114dB | 114.0 | 113.7 | 114.3 | 113.9 | 114.0 | dB |
| Cal/250Hz/114dB | 114.0 | 113.7 | 114.3 | 113.9 | 114.0 | dB |
| Frequency/1000Hz | 1000 | 980 | 1020 | 1000 | 1000 | Hz |
| Frequency/250Hz | 250 | 245 | 255 | 251 | 251 | Hz |

* indicates non accredited

Anexo 2. Anexo 5 Acuerdo Ministerial No. 028

REGISTRO OFICIAL™

Administración del Sr. Ec. Rafael Correa Delgado
Presidente Constitucional de la República

EDICIÓN ESPECIAL

Año II- N 270

Quito, viernes 13 de
febrero de 2015



Ministerio del Ambiente



INTELIGENCIA JURÍDICA

LEY DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Art. 10.- El derecho de autor protege también la forma de expresión mediante la cual las ideas del autor son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras.

No son objeto de protección:

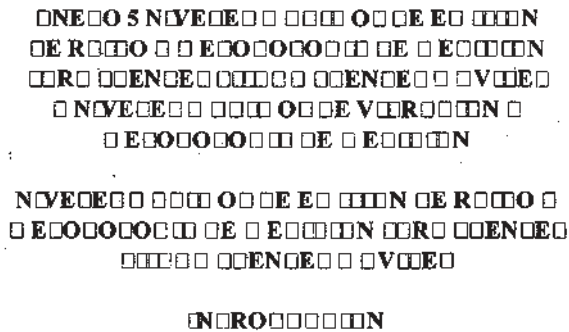
- a) Las ideas contenidas en las obras, los procedimientos, métodos de operación o conceptos matemáticos en sí; los sistemas o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su aprovechamiento industrial o comercial; y,
- b) Las disposiciones legales y reglamentarias, las resoluciones judiciales y los actos, acuerdos, deliberaciones y dictámenes de los organismos públicos, así como sus traducciones oficiales.

"Registro Oficial" es marca registrada del
Tribunal Constitucional de la República del Ecuador.

ACUERDO MINISTERIAL No. 028

SUSTITUYESE EL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA

FIGURA 3. EJEMPLO DE PUNTOS DE MEDICIÓN DE EMISIONES AL ADÍE EN CONDUCTO DE SECCIÓN RECTANGULAR (12 ÁREAS IGUALES CON PUNTO DE MEDICIÓN EN CENTROIDE DE CADA ÁREA)



- La exposición a la contaminación acústica producida en los ambientes laborales, se sujetará al Código de Trabajo y reglamentación correspondiente.
- Las aeronaves se regirán a las normas establecidas por la Dirección General de Aviación Civil y los convenios y tratados internacionales ratificados.
- Otros determinados por la Autoridad Ambiental Nacional.

ZOEDCNCEtDNEñ

Para el propósito de esta norma se consideran varias definiciones establecidas en la norma UNE-EN ISO 1996-1:2009, y otras que a continuación se indican:

2 CI Definiciones generales

200 Decibel(dB)

Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión sonora en esta norma.

23C2 Puntos Críticos de Afectación (PCA)

Sitios o lugares, cercanos a una FFR, ocupados por humanos que requieren de condiciones de tranquilidad y serenidad tales como: viviendas, residencias, instituciones educativas, hospitales, etc.

La definición de cercano en esta norma no se refiere a una distancia en metros, sino se refiere a los sitios o lugares en los cuales se escucha el ruido proveniente de una FFR.

203 Horarios

Para efectos de aplicación de esta norma, se establecen los siguientes periodos:

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- Los niveles máximos de emisión de ruido emitido al medio ambiente por fuentes fijas de ruido (FFR).
- Los niveles máximos de emisión de ruido emitido al medio ambiente por fuentes móviles de ruido (FMR).
- Los métodos y procedimientos destinados a la determinación del cumplimiento de los niveles máximos de emisión de ruido para FFR y FMR.

1 ODCEDO

La presente norma tiene por objeto el preservar la salud y bienestar de las personas y del medio ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos de emisión de ruido para FFR y FMR.

Están sujetos a las disposiciones de esta norma todas las FFR y FMR, públicos o privados, salvo las siguientes exclusiones:

DIURNO: De las 07:01 a las 21:00 horas
 NOCTURNO: De las 21:01 a las 07:00 horas

2.1.4 Generadores de Electricidad de Emergencia

Para propósitos de esta norma, el término designa al conjunto mecánico de un motor de combustión interna y un generador de electricidad, instalados en una ubicación fija o que puedan ser transportados e instalados en un lugar específico, y que es empleado para la generación de energía eléctrica de emergencia en instalaciones tales como edificios de oficinas y/o de apartamentos, centros comerciales, hospitales, clínicas, industrias, etc.

2.2 Fuentes

2.2.1 Fuente Emisora de Ruido (FER)

Toda actividad, operación o proceso que genere o pueda generar emisiones de ruido al ambiente, incluyendo ruido proveniente de seres vivos.

2.2.2 Fuente Fija de Ruido (FFR)

Para esta norma, la fuente fija de ruido se considera a una fuente emisora de ruido o a un conjunto de fuentes emisoras de ruido situadas dentro de los límites físicos y legales de un predio ubicado en un lugar fijo o determinado. Ejemplo de estas fuentes son: metal mecánicas, lavaderos de carros, fabricas, terminales de buses, discotecas, etc.

2.2.3 Fuente Móvil de Ruido (FMR)

Para efectos de la presente norma, se entiende como fuentes móviles de ruido a todo vehículo motorizado que pueda emitir ruido al medio ambiente. Si una FMR se encontrase dentro de los límites de una FFR será considerada como una FER perteneciente a esta última.

2.3 Niveles

2.3.1 Nivel de Presión Sonora (.L o NPS)

Diez veces el logaritmo decimal del cuadrado del cociente de una presión sonora cuadrática determinada y la presión acústica de referencia, que se obtiene con una ponderación frecuencial y una ponderación temporal normalizadas.

Para efectos de la presente norma la ponderación a usarse será la A o C según el caso y, constante del tiempo LENTO o IMPULSIVO según el caso.

2.3.2 Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (Leq)

Diez veces el logaritmo decimal del cuadrado del cociente de una presión sonora cuadrática media durante un intervalo de tiempo determinado y la presión acústica de referencia, que se obtiene con una ponderación frecuencial normalizada.

2.4 Definiciones de tipo de ruido

2.4.1 Ruido Específico

Es el ruido generado y emitido por una FFR o una FMR. Es el que se cuantifica y evalúa para efectos del cumplimiento de los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en esta norma a través del LKeq (Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido). Ver Anexos 2 y 3.

2.4.2 Ruido Residual

Es el ruido que existe en el ambiente donde se lleva a cabo la medición en ausencia del ruido específico en el momento de la medición.

2.4.3 Ruido Total

Es aquel ruido compuesto por el ruido específico y el ruido residual.

2.4.4 Ruido Impulsivo

Ruido caracterizado por breves incrementos importantes de la presión sonora. La duración de un ruido impulsivo es generalmente inferior a 1 s.

2.5 Usos del suelo

Ver Anexo 1

3 CONSIDERACIONES GENERALES

a) La Autoridad ambiental competente podrá practicar las visitas, inspecciones, mediciones y comprobaciones que sean necesarias para verificar el adecuado cumplimiento de las disposiciones contenidas en esta norma. El costo que ocasione la realización de inspecciones, visitas o mediciones correrá a cargo de los responsables de las actividades que generan las emisiones.

b) El Plan de Relaciones Comunitarias del plan de manejo ambiental, debe considerar encuestas de percepción y perturbación por ruido.

c) Es deber fundamental del regulado reportar ante la entidad ambiental competente los resultados de los monitoreos correspondientes a sus emisiones de ruido de acuerdo a lo establecido en su plan de manejo ambiental aprobado al menos una vez al año.

d) Para la aprobación de estudios ambientales de aquellas actividades que involucren FER se tomará en cuenta la evaluación ambiental de ruido y las medidas de control de ruido propuestas para mitigar su impacto.

e) El regulado deberá demostrar documentada y técnicamente la eficacia de las medidas de control de ruido propuestas cuando estas fueran requeridas.

f) En proyectos que involucren la ubicación, construcción y operación de aeródromos públicos o privados deberán ajustarse a la Norma de Ruido de Aeropuertos, el promotor del proyecto proveerá a la Entidad Ambiental de Control el debido estudio de impacto ambiental, el cual requerirá demostrar las técnicas u operativas a implementarse a fin de alcanzar el cumplimiento con la presente norma para niveles de ruido.

g) Los GAD Municipales deben controlar el uso de alarmas en vehículos y edificaciones, así como el uso de bocinas, campanas, sistemas de amplificación de sonido, sirenas o artefactos similares.

h) Los GAD Municipales en función del grado de cumplimiento de esta norma podrá señalar zonas de restricción temporal o permanente de ruido, con el objetivo de mejorar la calidad ambiental

i) Los GAD Municipales regularán el uso de sistemas de altavoces fijos o en vehículos, con fines de promocionar la venta o adquisición de cualquier producto.

j) Los GAD Municipales podrán autorizar, por razones de interés general o de especial significación ciudadana o con motivo de la organización de actos con especial proyección oficial, cultural, religiosa o de naturaleza análoga, la modificación o suspensión con carácter temporal de los niveles establecidos en la Tabla 1.

k) Los GAD Municipales establecerán los mecanismos necesarios para regular la instalación y funcionamiento de circos, ferias y juegos mecánicos o cualquier otro tipo de FFR que pudiese ser considerada como de "permanencia temporal" en sitios colindantes a establecimientos de salud, guarderías, centros educacionales, bibliotecas, lugares de culto o PCA.

1) Las FFR de uso emergente no requieren presentar informes periódicos de auto monitoreo de ruido, no obstante deberán contar con medidas de insonorización que les permita cumplir con los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en la presente norma y llevar un registro periódico de mantenimiento.

m) Los Laboratorios que realicen evaluaciones de ruido deben estar acreditados ante el Organismo Oficial de Acreditación y desarrollar estas actividades con personal competente.

4 NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR Y FMR

4.1 Niveles máximos de emisión de ruido para FFR

4.1.1 El nivel de presión sonora continua equivalente corregido, **L_{Keq}** en decibeles, obtenido de la evaluación de ruido emitido por una FFR, no podrá exceder los niveles que se fijan en la Tabla 1, de acuerdo al uso del suelo en que se encuentre.

Tabla 1: NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO (L_{Keq}) PARA FUENTES FIJAS DE RUIDO

| NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR | | |
|--|--|-------------------------|
| Uso de suelo | L _{Keq} (dB) | |
| | Periodo Diurno | Periodo Nocturno |
| | 07:01 hasta 21:00 horas | 21:01 hasta 07:00 horas |
| Residencial (RI) | 55 | 45 |
| Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1) | 55 | 45 |
| Equipamiento de Servicios Públicos (EQ2) | 60 | 50 |
| Comercial (CM) | 60 | 50 |
| Agrícola Residencial (AR) | 65 | 45 |
| Industrial (ID 1/ID2) | 65 | 55 |
| Industrial (ID3/ID4) | 70 | 65 |
| Uso Múltiple | Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados se utilizará el L _{Keq} más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación. Ejemplo: Uso de suelo: Residencial + ID2 L _{Keq} para este caso = Diurno 55 dB y Nocturno 45dB. | |
| Protección Ecológica (PE) Recursos Naturales (RN) | La determinación del L _{Keq} para estos casos se lo llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 4. | |

4.1.2 El Anexo 1 define los usos de suelo, que son utilizados en esta norma como referencia para establecer los niveles máximos de ruido (LKeq) para FFR.

4.1.3 La FFR deberá cumplir con los niveles máximos de emisión de ruido en los puntos de medición determinados para la evaluación (Ver 5.2.1), para lo cual deberá obtener de la administración municipal correspondiente, el certificado que indique el uso de suelo específico en la que se encuentren ubicado.

4.1.4 En aquellas situaciones en que se verifiquen conflictos o inexistencia de la definición del uso de suelo, será la Autoridad ambiental competente la que determine el nivel máximo de emisión de la FFR a ser evaluada en función de los PCA. Si aún la Autoridad ambiental competente no pudiese determinar el nivel máximo de emisión, se deberá aplicar como criterio el objetivo de esta norma el cual es el preservar la salud y bienestar de las personas.

4.1.5 Es obligación de la FFR en usos de suelo PE y RN realizar un estudio del nivel de ruido ambiental existente en la zona. Este estudio debe establecer los niveles de ruido ambiental natural típicos (sin lluvias u otro ruido dominante ajeno al que existe naturalmente) para los periodos diurno y nocturno establecidos en esta norma.

4.2 Niveles máximos de emisión de ruido para FM

4.2.1 El nivel máximo de emisión de ruido emitido por FMR, expresado en dB(A) no podrá exceder los niveles que se fijan en la Tabla 2.

4.2.2 El control de los niveles de ruido permitidos para los automotores se realizará en los centros de revisión y control vehicular de los GAD Municipales y en la vía pública.

Tabla 2: NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN PARA FUENTES MÓVILES DE RUIDO

| CATEGORÍA DE VEHÍCULO | DESCRIPCIÓN | NPS MÁXIMO (dBA) |
|-----------------------|--|------------------|
| | De hasta 200 cc | 80 |
| Motocicletas | Entre 200 y 500 cc. | 85 |
| | Mayores a 500 c. c. | 86 |
| | Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor. | 80 |
| Vehículos | Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso no mayor a 3,5 toneladas | 81 |
| | Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso mayor a 3,5 toneladas. | 82 |
| | Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, peso mayor a 3,5 toneladas, y potencia de motor mayor a 200 HP. | 85 |
| | Peso máximo hasta 3,5 toneladas. | 81 |
| Vehículo de Carga: | Peso máximo de 3,5 toneladas hasta 12 toneladas | 86 |
| | Peso máximo mayor a 12 toneladas. | 88 |

5 DE LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE RUIDO PRODUCIDOS POR UNA FFR

5.1 De la evaluación ambiental base de ruido

5.1.1 La evaluación ambiental base de ruido tiene por objeto identificar las fuentes emisoras de ruido, los niveles de presión sonora más altos en el perímetro de la FFR y los PCA que pudiesen ser afectados por esta.

5.1.2 Esta evaluación deberá determinar toda actividad, operación o proceso que conlleve emisión de ruido y que se constituya como fuente emisora de ruido (FER), así como su contribución en tiempo y nivel al ruido emitido por la FFR.

5.1.3 Se deberá identificar los lugares, en el perímetro de la FFR, donde se emiten los niveles de ruido más alto, así como los PCA cercanos.

5.1.4 Se debe levantar y reportar como mínimo la siguiente información:

- *NPS y donde estos son más altos en el perímetro de la FFR.*
- *FER.*
- *El uso de suelo donde se encuentra la FFR.*
- *PCA.*
- *Los usos de suelo colindantes, de ser el caso o de requerirse.*
- *Identificación de fuentes de ruido que contribuyen al ruido residual.*

Para cada una de las FER de la FFR:

- *Descripción del proceso y de su simultaneidad con otros procesos.*
- *Equipos o maquinaria involucrada.*
- *Periodos temporales de operación.*
- *Puntos de potencial afectación correspondientes.*
- *Emisión de ruidos impulsivos o con contenido importante de bajas frecuencias.*
- *Otros que sean relevantes.*

Otros:

- *Mapa de la FFR con la ubicación de las FER observadas.*

- *Mapa de ubicación de los eventuales lugares de afectación y de las FFR ajenas en el entorno.*

5.1.5 Los puntos críticos serán definidos por el sujeto de control dentro de sus estudios ambientales (EsIA, Ficha Ambiental, PMA, AAc, etc.), y podrán ser modificados justificadamente por la Autoridad ambiental competente cuando lo considerase.

5.2 Metodología para la medición, cuantificación y determinación del nivel del ruido para FFR.

5.2.1 Puntos de Medición

Para efectos de esta norma la medición del ruido específico de una FFR se realizará:

- *En los puntos críticos de afectación (PCA) determinados en: la evaluación ambiental base de ruido y estudios ambientales, o aquellos determinados por la Autoridad ambiental competente.*

En sitios y momentos donde la FFR emita los NPS más altos en el perímetro exterior.

5.2.2 Número Mínimo De Puntos De Medición

No se fija un número mínimo de puntos de medición, sin embargo se recomienda que el número mínimo de puntos de medición se los determine a través de los siguientes criterios:

- *Tomando en cuenta los PCA cercanos a la FFR.*
- *Tomando en cuenta los NPS más altos emitidos por la FFR en su perímetro exterior.*

5.2.3 Determinación De Los Sitios Donde Se Debe Llevar A Cabo La Medición

5.2.3.1. Sitios donde existen PCA cercanos

Estos sitios serán determinados a través de la evaluación ambiental base de ruido realizada por los sujetos de control dentro de la línea base o diagnóstico ambiental.

De no existir la evaluación ambiental base se deberá realizar un sondeo del nivel de ruido específico en el perímetro exterior de la FFR y se definirán los puntos de medición en base a los criterios del numeral 5.2.1.

5.2.3.2. Sitios donde la emisión de ruido de la FFR es más alta

Estos sitios serán determinados a través de la evaluación ambiental base de ruido realizada por los sujetos de control dentro de la línea base o diagnóstico ambiental de la actividad o proyecto a ejecutarse.

De no existir la evaluación ambiental base se deberá realizar un sondeo del nivel de ruido específico en el perímetro exterior de la FFR y se definirán los puntos de medición en base a los criterios del numeral 5.2.1.

5.2.4 Criterios Acerca Del Punto De Medición

Se determinará el punto de medición considerando el sitio/punto donde el ruido específico es más alto, por fuera del perímetro, límites físicos, linderos o líneas de fábrica de la FFR.

Se deberá tomar en consideración la topografía del medio y la ubicación del PCA.

La medición debe ser realizada en el punto determinado y el evaluador deberá minimizar el efecto de superficies que reflejen el sonido.

5.2.5 Momentos En Los Que Se Debe Llevar A Cabo La Medición

El personal de evaluación es responsable de efectuar la medición en el (los) momento(s) en los cuales la FFR emite los NPS más altos para cada punto de evaluación, en condiciones normales de funcionamiento.

5.2.6 Requisitos De Los Equipos De Medición

Las evaluaciones deben realizarse utilizando sonómetros integradores clase 1 o clase 2, de acuerdo a la Norma de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61672-1:2002, o cualquiera que la sustituya.

Para verificar el correcto funcionamiento del sonómetro durante las mediciones, se utilizará un calibrador acústico que sea apropiado para el sonómetro. Se medirá el NPS del calibrador con el sonómetro antes y después de la medición, estos NPS deben constar en el informe de mediciones. El sonómetro podrá ser usado para la medición solo si el NPS medido con el calibrador tiene una desviación máxima acorde al criterio del Servicio de Acreditación Ecuatoriano o el que lo reemplace.

Los equipos de medición de ruido y sus componentes deberán estar en óptimas condiciones de funcionamiento y poseer los debidos certificados de calibración, emitidos por un laboratorio competente. Se recomienda que los certificados de calibración de los calibradores acústicos sean renovados cada año calendario y el de los sonómetros cada dos. No se permitirá, la realización de mediciones con instrumentos cuyos certificados de calibración hayan caducado.

5.2.7 Condiciones Ambientales Durante La Medición

Las mediciones no deben efectuarse en condiciones adversas que puedan afectar el proceso de medición, por ejemplo: presencia de lluvias, truenos, etc.

El micrófono debe ser protegido con una pantalla protectora contra el viento durante las mediciones.

Las mediciones deben llevarse a cabo, solamente, cuando la velocidad del viento sea igual o menor a 5 m/s.

5.2.8 Ubicación del Sonómetro

El sonómetro deberá estar colocado sobre un trípode y ubicado a una altura igual o superior a 1,5 m de altura desde el suelo, direccionando el micrófono hacia la fuente con una inclinación de 45 a 90 grados, sobre su plano horizontal. Durante la medición el operador debe estar alejado del equipo, al menos 1 metro.

5.2.9 Ruido Residual en el Momento de la Medición

Durante la medición, el ruido residual debe ser tal que influya de manera mínima en el ruido total, es decir que la contribución del ruido específico de la FFR en el ruido total sea máxima.

5.3 Metodología para determinar los niveles del ruido específico y el Lkeq

5.3.1 Métodos para la toma de muestras de ruido y determinación de Lkeq

Para la medición de ruido total y residual esta norma contempla el uso de dos métodos que pueden ser usados según el caso lo requiera.

5.3.1.1. Método de 15 segundos (Leq 15s)

En este método se tomarán y reportarán un mínimo de 5 muestras, de 15 segundos cada una.

5.3.1.2. Método de 5 segundos (Leq 5s)

En este método se tomarán y reportarán un mínimo de 10 muestras, de 5 segundos cada una.

5.3.2 Consideraciones para el muestreo

Se utilizará el mismo método (Leq 15s o Leq 5s) para medir el ruido total y el residual.

La serie de muestras reportadas se considerará válida, cuando la diferencia entre los valores extremos obtenidos en ella, sea menor o igual a 4 dB.

Con la finalidad de validar los niveles de ruido durante las mediciones y facilitar el análisis y comparación de las muestras, se reportarán: el NPS mínimo (L_{Amin}) y el NPS máximo (L_{Amax}) medidos de cada muestra.

Se escogerá el método del numeral 5.3.1.1 o 5.3.1.2 de acuerdo al caso específico de análisis.

5.3.3 Protocolo de medición y determinación del Lkeq

5.3.3.1. Método para calcular el LKeq para el caso de: Ruido específico sin características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas.

La metodología de medición para este caso se encuentra detallada en el Anexo 3.1: Flujo 01.

5.3.3.2. Método para calcular el LKeq para el caso de: Ruido específico sin características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.

La metodología de medición para este caso se encuentra detallada Anexo 3.2: Flujo 02.

5.3.3.3. Método para calcular el LKeq para el caso de: Ruido específico con características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas.

La metodología de medición para este caso se encuentra detallada en Anexo 3.3: Flujo 03.

5.3.3.4. Método para calcular el LKeq para el caso de: Ruido específico con características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.

La metodología de medición para este caso se encuentra detallada Anexo 3.4: Flujo 04.

5.3.4 Determinación de los niveles de los ruidos específicos ((Le , Lie y LCe))

El nivel de ruido específico se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Ruido específico} = \text{Ruido Total} + K$$

Dónde:

K = corrección por ruido residual, según el caso. K puede ser: Kr, Kri o Krc (Ver anexos 3.1 a 3.4 y Anexo 2)

El término de corrección debido a la contribución por ruido residual (K), se lo determina para todos los casos de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$K=101\log(1-10^{-\text{""}})$$

Dónde:

AL = Ruido total promedio - Ruido residual promedio

AL puede ser:

ALr = LAeq,tp - LAeq,rp (ALr se utiliza para calcular Kr)

ALc = LCEq,tp - LCEq,rp (ALc se utiliza para calcular Krc)

ALi = LAeq,tp - LAeq,rp (ALi se utiliza para calcular Kri)

Para todos los casos, el valor de diferencia de nivel (AL) es válido solo si este es igual o mayor a 3 dB. Si la diferencia de nivel ALr es inferior a 3dB se deberá tomar en cuenta el literal 5.3.4.1. Si ALc y/o ALi son menores que 3 dB no se calculará Kri y/o Krc.

Para calcular las correcciones Kimp y Kbf se requiere conocer el Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente del ruido específico medido con ponderación A (Le), si no se puede determinar el Le mediante mediciones los valores para Lie y LCE se descartan.

Los valores reportados siempre deben presentarse en números enteros. En caso de obtener valores decimales, deben redondearse.

5.3.4.1. Casos para cuando se requiere el criterio de la Autoridad ambiental competente

- Cuando la diferencia aritmética entre el ruido total y el ruido residual del caso ALr sea menor a tres decibeles, será necesario efectuar la medición bajo condiciones de menor ruido residual. Si bajo condiciones de menor ruido residual posible, persiste la diferencia, se considerará que no existen las condiciones para llevar a cabo mediciones que permitan cuantificar el LKeq de la fuente. En estos casos, la Autoridad ambiental competente -previo análisis técnico- deberá determinar si existe incumplimiento por parte de la FFR.

- Si el ruido específico de la FFR es más bajo que el ruido residual existente en el ambiente en horas normales de funcionamiento, el criterio que se debería aplicar es . que la FFR debe cumplir con los niveles máximos de emisión de ruido según el uso de suelo.

Si el ruido de la FFR no es audible en el perímetro exterior de la FFR, aun en condiciones de ruido residual bajo, la Autoridad ambiental competente en estos casos, previo análisis técnico, deberá determinar si existe incumplimiento por parte de la FFR.

- Cuando la FFR no pueda apagar las FER sujetas a evaluación imposibilitando medir el ruido residual, y si el ruido de estas son audibles, no se aplicará corrección por ruido residual, es decir K=0. En este caso el ruido total promedio será el reportado como LKeq.

Cuando el ruido específico (LAeq,tp) es más alto que el ruido residual (LAeq,rp), la corrección Kr da una reducción máxima de tres decibeles del ruido total. En estos casos la FFR puede aceptar que el ruido total es el ruido específico y de esa manera evitar realizar mediciones de ruido residual.

5.3.4.2. Información mínima a reportarse

Ver Anexo 5

6 MEDICIÓN DE RUIDO PARA FMR

6.1 Determinación de niveles de emisión de ruido emitido por FMR

6.1.1 La determinación de los niveles de emisión de ruido se realizará de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ISO 5130:2007, o su equivalente

6.1.2 Las mediciones se efectuarán con el vehículo estacionado, a su temperatura normal de funcionamiento, y acelerado a % de su capacidad.

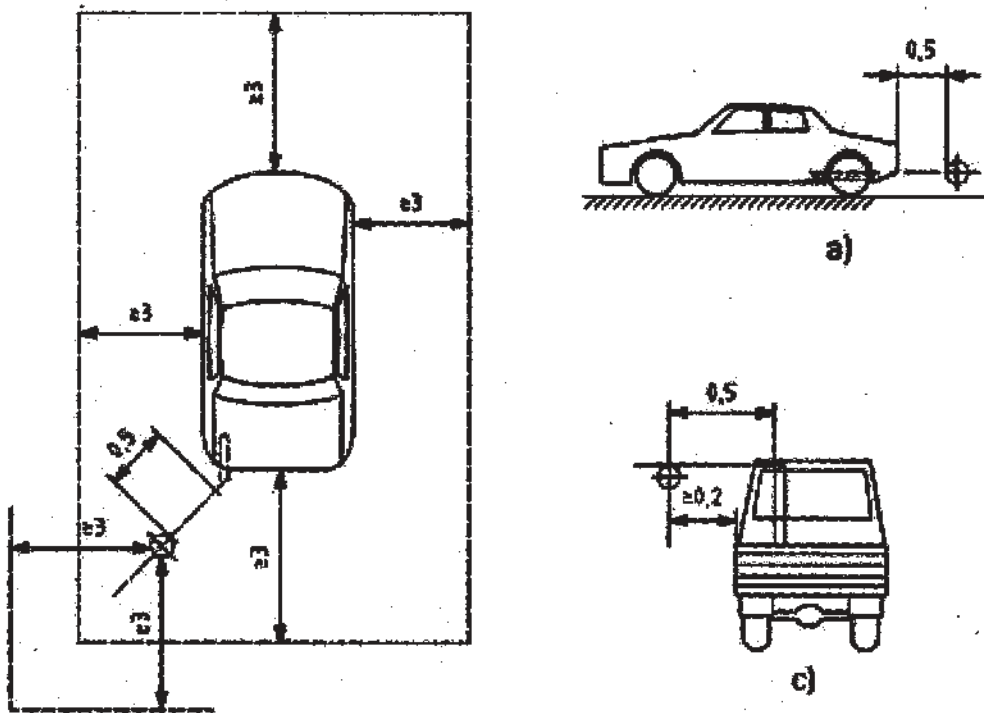
6.1.3 En la medición se utilizará un sonómetro normalizado, previamente calibrado, con filtro de ponderación A y en respuesta "Fast". Los sonómetros a utilizarse deberán cumplir con los requerimientos

señalados por la norma IEC 61672 o su equivalente para la Clase 1.

6.1.4 El micrófono del sonómetro se ubicará a una distancia de 0,5 m del tubo de escape del vehículo siendo ensayado, y a una altura correspondiente a la salida del tubo de escape, pero que en ningún caso será inferior a 0,2 m. (Figura la) El micrófono será colocado de manera tal que forme un ángulo de 45 grados con el plano vertical que contiene la salida de los gases de escape. (Figura lb)

6.1.5 En el caso de vehículos con descarga vertical de gases de escape, el micrófono se situará a la altura del orificio de escape, orientado hacia lo alto y manteniendo su eje vertical, y a 0,5 m de la pared más cercana del vehículo (Figura lc).

Figura 1: MEDICIÓN DE RUIDO PARA FMR



Fuente: ISO 5130:2007

7 DE LOS MAPAS DE RUIDO

7.1.1 Corresponde a los GAD Municipales con una población mayor o igual a 250.000 habitantes elaborar mapas de ruido ambiental como una herramienta estratégica para la gestión del control de la contaminación acústica y la planificación territorial.

7.1.2 En aquellos casos en que la gestión ambiental lo requiera, la Autoridad Ambiental Nacional podrá requerir la elaboración de mapas de ruido en poblaciones menores a 250.000 habitantes.

7.1.3 En la primera etapa de elaboración de mapas de ruido ambiental se detallará solo el ruido de las principales vías donde se generan altos niveles de ruido debido a vehículos automotores.

7.1.4 Para la elaboración de los mapas de ruido ambiental, en la primera etapa, los GAD Municipales disponen de cuatro años a partir de la publicación de la presente norma. Para el cumplimiento de este artículo la Autoridad Ambiental Nacional solicitará la presentación de avances periódicos relacionados con la elaboración de los mapas de ruido.

7.1.5 La elaboración de los mapas debe concentrarse en zonas donde el ruido tenga o pueda tener una afectación negativa en sitios considerados como críticos (especialmente en lugares de asentamientos humanos).

7.1.6 Los mapas de ruido ambiental serán elaborados utilizando técnicas y procedimientos apropiados. Estos serán aprobados por el Autoridad Ambiental Nacional durante el seguimiento que llevara a cabo.

7.1.7 Los mapas de niveles sonoros deberán elaborarse con la representación de curvas isofónicas que delimiten los siguientes rangos: <50, 50-55, 55-60, 60-65, 65-70,70-75, 75-80, >80, en dB (A); estos valores de isófonas serán obtenidos para el periodo diurno y nocturno.

ANEXO 1

Título: Usos del suelo

Uso de suelo se define como el destino asignado a los predios en relación con las actividades a ser desarrolladas en ellos. Estos deben acatarse a lo que disponga el instrumento de planificación territorial pertinente, el cual debe fijar los parámetros, regulaciones y normas específicas para el uso, ocupación, edificación y habilitación del suelo en el territorio en el que este rige.

Este anexo define los usos de suelo que son utilizados en esta norma como referencia para establecer los niveles máximos de emisión de ruido (LKeq) para FFR.

Las Autoridades ambientales competentes deben utilizar estas definiciones en conjunto con la Tabla 1 como guías para determinar los niveles LKeq en cada uno de los usos de suelo existentes en su territorio.

Uso Residencial (RI)

Es aquel que tiene como destino principal la vivienda humana permanente. Los usos compatibles, actividades cumplir con los niveles máximos de emisión de ruido para este uso de suelo.

El nivel máximo de emisión para uso residencial también aplica al uso de suelo destinado a resguardar el patrimonio cultural, el cual se refiere al suelo ocupado por áreas, elementos o edificaciones que forman parte del legado histórico o con un valor patrimonial que requieren preservarse y recuperarse.

Uso Industrial (ID)

Es aquel que tiene como destino actividades de elaboración, transformación, tratamiento y manipulación de insumos en general para producir bienes o productos materiales.

El suelo industrial se clasifica en: industrial 1, industrial 2, industrial 3 e industrial 4.

Industrial 1 (ID1)

Comprende los establecimientos industriales y actividades cuyos impactos ambientales, o los niveles de contaminación generados al medio ambiente, son considerados no significativos.

Industrial 2 (ID2)

Comprende los establecimientos industriales y las actividades cuyos impactos ambientales, o los niveles de contaminación generados al medio ambiente, son considerados de bajo impacto.

Industrial 3 (ID3)

Comprende los establecimientos industriales y las actividades cuyos impactos ambientales, o los niveles de contaminación generados al medio ambiente, son considerados de mediano impacto.

Industrial 4 (ID4)

Comprende los establecimientos industriales y las actividades cuyos impactos ambientales, o los niveles de contaminación generados al medio ambiente, son consideradas de alto impacto y/o riesgo ambiental.

Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1)

Destinado a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios relacionados a la satisfacción de las necesidades de desarrollo social de los ciudadanos tales como: salud, educación, cultura, bienestar social, recreación y deporte, religioso, etc.

Equipamiento de Servicios Públicos (EQ2)

Destinado a actividades de carácter de gestión y los destinados al mantenimiento del territorio y sus estructuras, tales como: seguridad ciudadana, servicios de la administración pública, servicios funerarios, transporte, instalaciones de infraestructura, etc.

Uso Comercio (CM)

Es el destinado a actividades de intercambio de bienes y servicios en diferentes escalas y coberturas.

Por su naturaleza y su radio de influencia se los puede integrar en: comercial y de servicio barrial, comercial y de servicio sectorial, comercial y de servicios zonal, comercial y de servicios de ciudad.

Uso Agrícola Residencial (AR)

Corresponde a aquellas áreas y asentamientos humanos concentrados o dispersos, vinculados con las actividades agrícolas, pecuarias, forestales, piscícolas, etc.

Uso Protección Ecológica (PE)

Corresponde a las áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, al Sistema Nacional de Bosques Protectores, a los manglares, los humedales, páramos, etc.

Uso Recursos Naturales (RN)

Corresponde a aquellas áreas destinadas al manejo, extracción y transformación de recursos naturales renovables y no renovables.

Uso Múltiple (MT)

Es el que está compuesto por dos o más usos de suelo.

ANEXO 2

Título: Definiciones de acrónimos utilizados en los flujos 01. 02. 03 v 04

Ponderaciones

A = ponderación A

C = ponderación C

I = ponderación de tiempo Impulsivo

Tipos de Ruido

t = total

r = residual

e = específico

General

L = nivel de presión sonora

eq = equivalente

p = promedio de las muestras Leq (promedio logarítmico)

$$Leq_{Promedio} = 10 \log \left[\frac{1}{n_i} * \{ 10^{0.1Leq_{n_1}} + 10^{0.1Leq_{n_2}} + \dots + 10^{0.1Leq_{n_i}} \} \right]$$

Leq para Ruido Total

LAeq,t = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A del ruido total:

LCeq,t = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación C del ruido total.

LAeq,t = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A y ponderación temporal normalizada IMPULSIVO del ruido total.

LAeq,tp = Promedio de las muestras LAeq,t.

LCeq,tp = Promedio de las muestras LCeq,t.

LAeq,tp = Promedio de las muestras LAeq,t.

Lea para Ruido Residual

LAeq,r = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A del ruido residual.

LCeq,r = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación C del ruido residual.

LAeq,r = Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A y con ponderación temporal normalizada IMPULSIVO del ruido residual.

LAeq,rp = Promedio de las muestras LAeq,r.

LCeq,rp = Promedio de las muestras LCeq,r.

LAeq,rp = Promedio de las muestras LAeq,r.

Leq para Ruido Especifico

Le = Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente del ruido específico medido con ponderación A.

Lie = Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente del ruido específico medido con ponderación de tiempo IMPULSIVO.

LCe = Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente del ruido específico medido con ponderación C.

Correcciones

Kimp = Corrección en dB que se da al ruido específico (Le) si este tiene características impulsivas, ver Anexo 3.3.

Kbf = Corrección en dB que se da al ruido específico (Le) cuando este tiene un contenido energético alto en frecuencias bajas, ver Anexo 3.2.

Kr = Corrección por ruido residual para el caso de mediciones del LAeq.

Kri = Corrección por ruido residual para el caso de mediciones de LAeq.

Krc = Corrección por ruido residual para el caso de mediciones de LCeq.

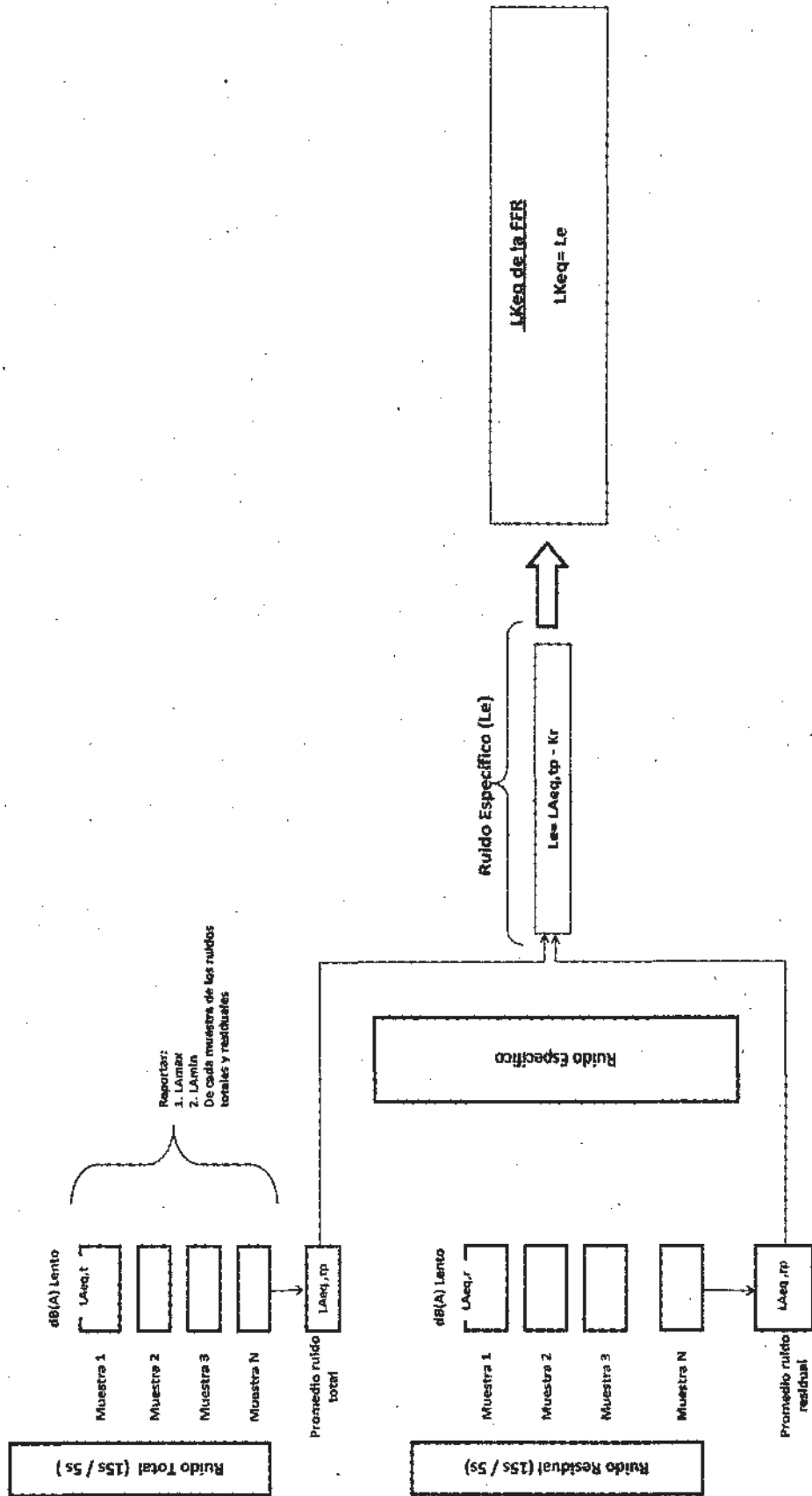
Otros

LKeq = Nivel de presión sonora continua equivalente corregido. Según el caso el LKeq puede ser:

- LKeq = Le (Ver Anexo 3.1)
- LKeq = Le + Kbf (Ver Anexo 3.2)
- LKeq = Le + Kimp (Ver Anexo 3.3)
- LKeq = Le + Kbf + Kimp (Ver Anexo 3.4)

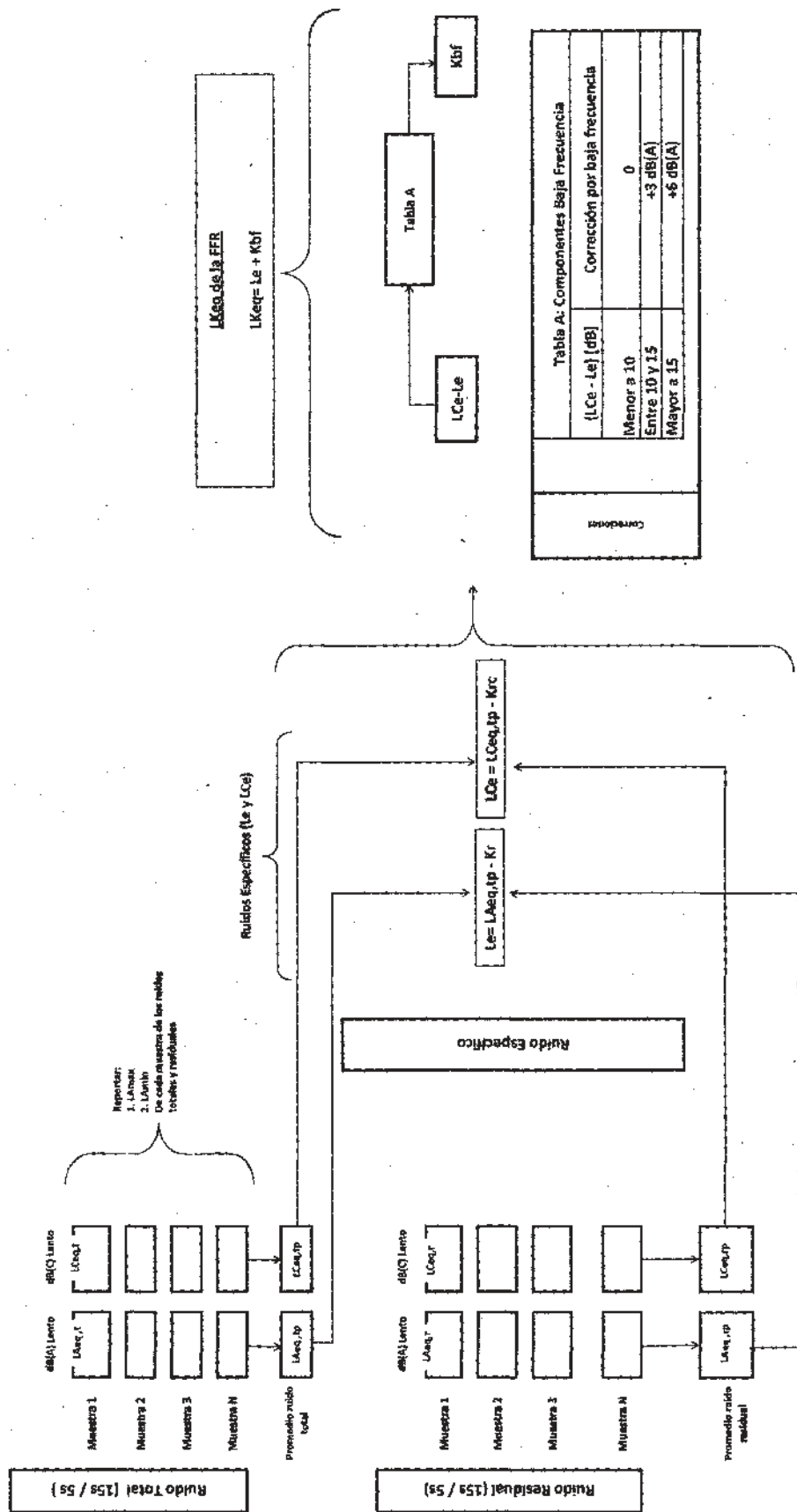
ANEXO 3.1 – Flujo 01

Método para calcular el L_{Keq} para el caso de: Ruido específico sin características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas.



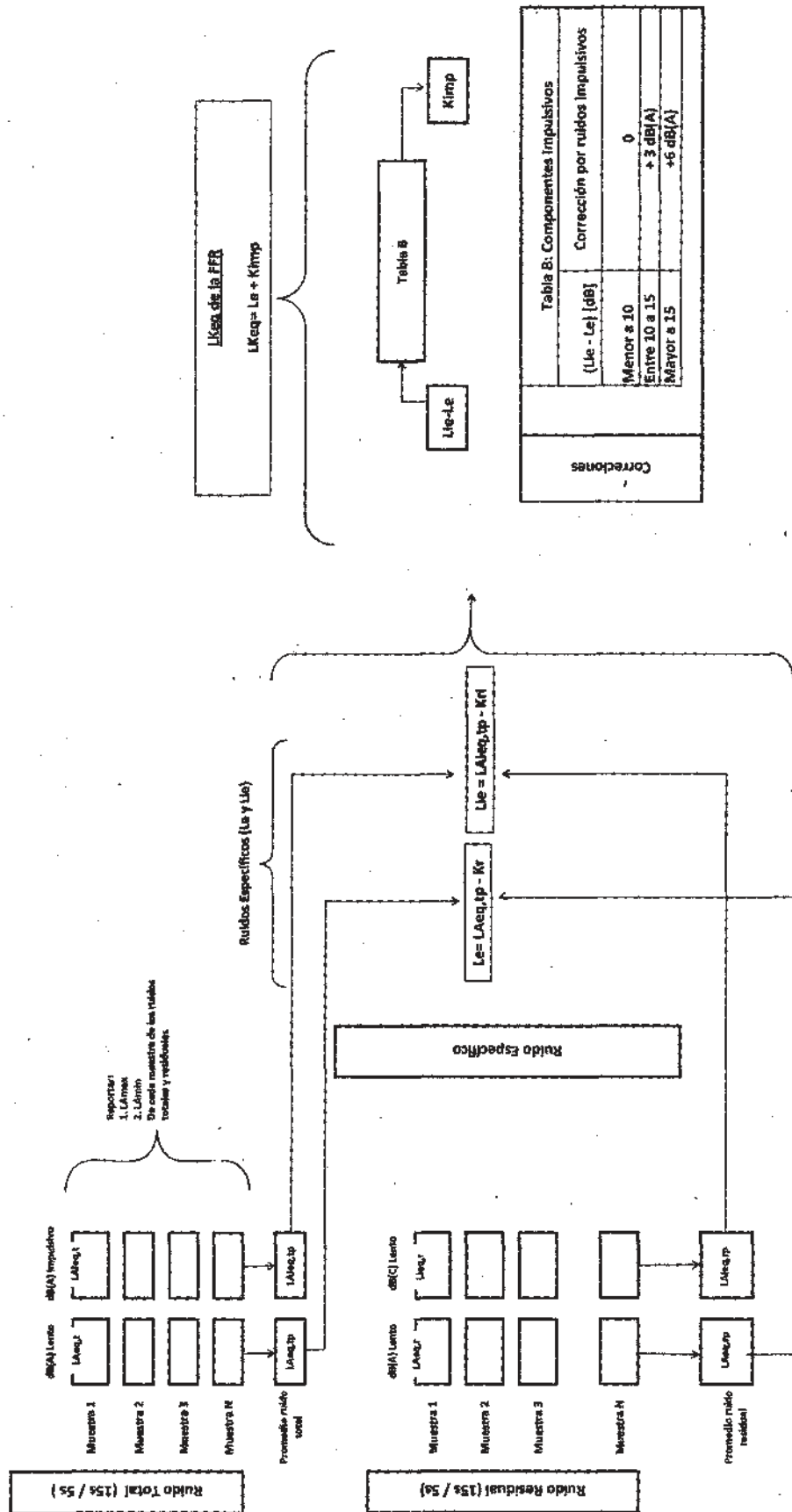
ANEXO 3.2 – Flujo 02

Método para calcular el LKeq para el caso de: Ruido específico sin características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.

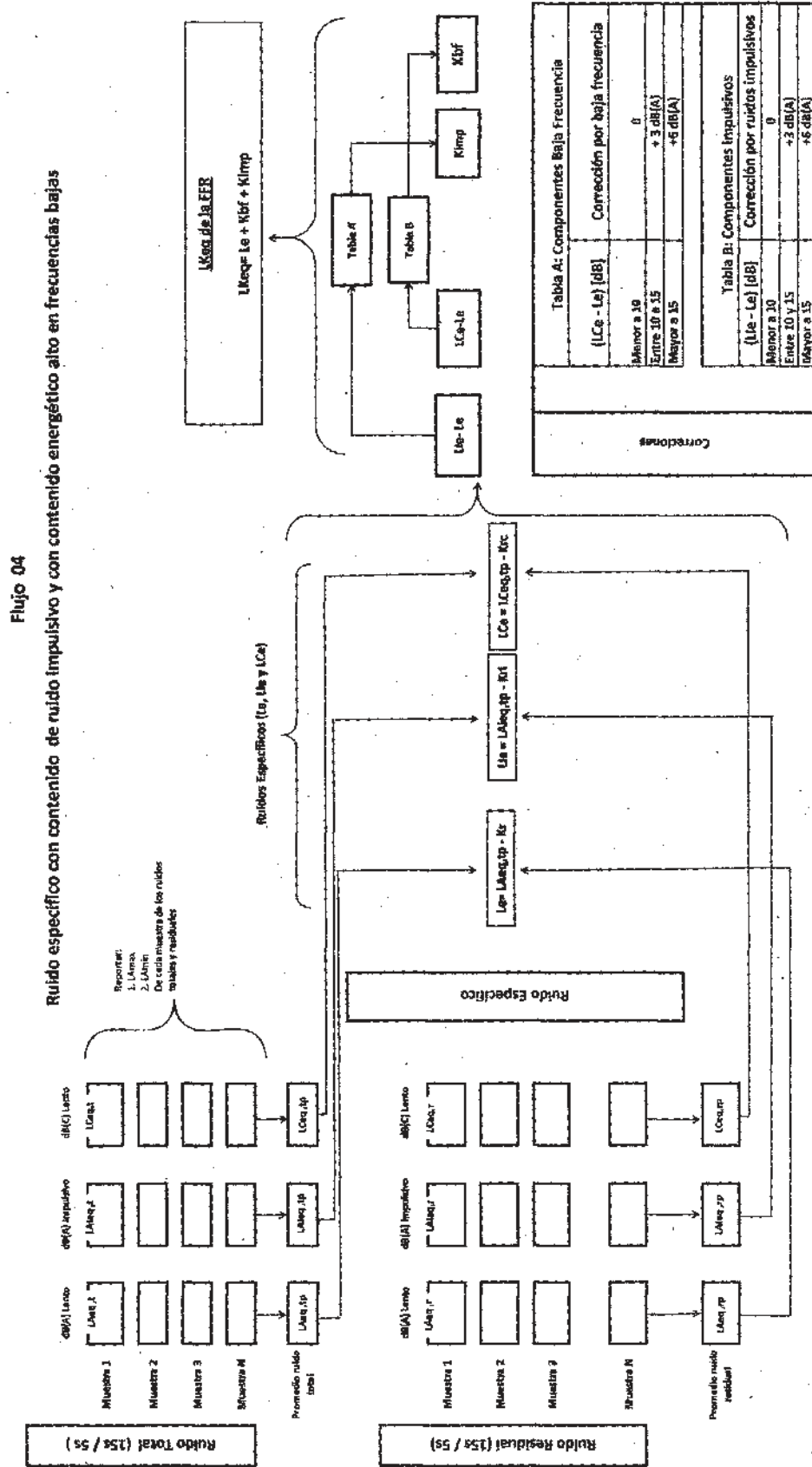


ANEXO 3.3 – Flujo 03

Método para calcular el L_{Keq} para el caso de: Ruido específico con características impulsivas y sin contenido energético alto en frecuencias bajas



ANEXO 3.4 – Flujo 04
Método para calcular el L_{Keq} para el caso de: Ruido específico con características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.



ANEXO 4

Título: Metodología para determinar el LKeq en usos de suelo Protección Ecológica (PE) y Recursos Naturales (RN)

Metodología para la Determinación Del Nivel Máximo De Emisión de Ruido (LKeq) en Usos De Suelo PE Y RN

Los niveles máximos de emisión de ruido (LKeq) para FFR ubicados (o que se ubicarán) en usos de suelo PE y

RN serán establecidos, para cada caso, por la Autoridad Ambiental Nacional en función del nivel de ruido ambiental natural existente en la zona donde esté ubicada (o donde se ubicará) la FFR.

Para este caso la determinación del cumplimiento del LKeq por parte de la FFR se lo realizara en los sitios donde existan PCA.

El LKeq se lo establecerá, según el caso, de acuerdo a Tabla 3:

Tabla 3: DETERMINACIÓN DE LKeq PARA USOS DE SUELO PE Y RN

| Periodo Diurno | | | Comentario |
|---|------------|------------------------|---|
| LKeq | | | |
| LA90 más bajo medido durante el periodo día más corrección(dB): | | Corrección (dB) | La Autoridad Ambiental Nacional determinara la corrección más apropiada dependiendo del caso, siendo: LKeq=LA90+ IOdB (Es el nivel más permisible) LKeq=LA90-10dB (Es el nivel más restrictivo) |
| | | 10 | |
| | | 5 | |
| | | 0 | |
| | | -5 | |
| | | -10 | |
| Periodo Nocturno | | | |
| LKeq | | | |
| LA90 más bajo medido durante el periodo nocturno más corrección (dB): | | Corrección (dB) | |
| | | 10 | |
| | | 5 | |
| | | 0 | |
| | | -5 | |
| | -10 | | |

Es obligación de la FFR realizar un estudio del nivel de ruido ambiental natural existente en la zona. Este estudio debe establecer los niveles de ruido ambiental natural típicos (sin lluvias u otro ruido dominante ajeno al que existe naturalmente) para los periodos diurno y nocturno establecidos en esta norma.

Se requiere como mínimo un punto de medición, las muestras deben tener una duración de 15 minutos, en consecuencia cada hora tendrá cuatro muestras y en 24

horas habrá un total de 94 muestras. Para cada muestra se determinará y reportará los valores de los siguientes parámetros acústicos:

LAeq, LA90, LA 10, LAmáx y LAmín. Se recomienda también obtener los valores Leq por tercios de octava de cada muestra.

Los niveles de ruido ambiental natural de cada hora no necesariamente deben ser establecidos en un solo día de

medición. Si por ejemplo lloviese a una cierta hora y por esta razón no se pudiera realizar la medición, se podría volver a medir a esa hora en cualquier otro día. Lo que interesa es obtener datos de niveles típicos para las 24 horas del día.

La metodología de medición y los resultados deberán ser entregados a la Autoridad Ambiental Nacional dentro de sus estudios ambientales. Se sugiere que el informe siga los lineamientos que se dan en el Anexo 5.

La determinación del cumplimiento del LK_{eq} por parte de la FFR se lo realizará mediante las metodologías que se muestran en los anexos 3.1a 3.4, según el caso.

Para los estudios de ruido ambiental natural se prevé los siguientes casos:

- *Medición de ruido ambiental natural previo al establecimiento de la FFR*

Para este caso el estudio de ruido se lo realizará en el sitio donde se ubicará la FFR, el estudio se lo debe realizar aun si no existiese población o asentamientos humanos.

- *Medición de ruido ambiental natural en sitios donde existe una FFR*

En este caso, la medición del ruido ambiental natural se la debe realizar en ausencia del ruido específico de la FFR, para este caso lo ideal es apagar las FER pertenecientes a la FFR y con esta condición realizar las mediciones.

En caso de que no se pueda apagar las FER las mediciones se deberán llevar a cabo a una distancia de esta al ruido ambiental natural de la zona sea insignificante. Para elegir el sitio o sitios de medición también se deberá tomar en cuenta las características del ruido ambiental natural del lugar, el cual deberá ser lo más similar posible al que existe en el sitio donde está ubicada la FFR.

En caso de que no exista o no se pueda medir el LA₉₀ se podría medir solo el LA_{eq} (15 minutos) en las horas cuando el ruido ambiental natural es más bajo durante los periodos diurno y nocturno. Esto solo aplica para casos excepcionales aceptados por el Autoridad Ambiental Nacional.

EL LK_{eq} para este caso sería:

- $LK_{eq} (Diurno) = LA_{eq} (el\ más\ bajo\ durante\ el\ periodo\ Diurno) + corrección$
- $LK_{eq} (Nocturno) = LA_{eq} (el\ más\ bajo\ durante\ el\ periodo\ Nocturno) + corrección$

Las correcciones para este caso podrían ser cualquiera de los siguientes valores: 5dB, cero dB, -5dB o -10dB según sea el requerimiento de la Autoridad Ambiental Nacional.

Definiciones específicas para este anexo.

LA90

Es un índice acústico estadístico que cuantifica el nivel excedido durante el 90% del tiempo de medición.

LA10

Es un índice acústico estadístico que cuantifica el nivel excedido durante el 10% del tiempo de medición.

Ruido Ambiental Natural

Es el ruido que se produce espontáneamente a causa de la naturaleza existente en una zona (ríos, flora, fauna, etc.) y donde la contribución humana al ruido es insignificante.

Esta definición se aplica solo para usos de suelo PE y RN.

ANEXO 5

Título: Información Mínima a Reportarse

Del personal que realiza la evaluación

- *Documento/s que certifiquen y/o avalen que el personal está capacitado para realizar las mediciones.*

De la FFR bajo evaluación

Descripción de:

- *La FFR a ser evaluada.*
Regímenes de funcionamiento.
- *PCA cercanos a la FFR.*
- *Puntos donde la FFR emite los NPS más altos.*

De los ruidos específicos v residuales

- *Descripción detallada de el/los ruido/s específico/s evaluados.*
- *Si es posible descripción de las FER que emiten los ruidos específicos.*
- *Descripción del ruido residual.*
- *Fuentes que contribuyen al ruido residual.*

Impresiones subjetivas

- *Audibilidad de el/los ruido/s específico/s en los puntos de medición.*

De los puntos de medición

- *Ubicación en un mapa o croquis de los puntos de medición.*
- *Distancia horizontal y vertical con respecto a la fuente.*
Superficies cercanas reflectoras de sonido, exceptuando el suelo.

De los instrumentos de medición

- *Descripción del sonómetro y del calibrador acústico (fabricante, número de serie, clase etc.).*
- *Copia de los certificados de calibración de laboratorio del sonómetro y del calibrador/pistófono.*

De las mediciones

- *NPS referencial del sonómetro con el calibrador / pistófono antes y después de terminar todas las mediciones.*
- *Todos los datos que se muestran en los flujos de medición 01, 02, 03 y 04, según sea el caso aplicable.*
- *Fechas, días y horas en las que se llevaron a cabo las mediciones.*
- *Justificación de los métodos usados (15 seg o 5 seg, método escogido para caracterizar contenido de baja frecuencia o impulsivo).*
- *Resultados, cálculos y/o análisis de datos.*
- *Justificaciones de aplicación de cualquier proceso adicional o parámetro acústico no detallado en la presente norma.*

De las condiciones meteorológicas

- *Velocidad del viento*
- *Lluvias*
- *Otros*
- *La persona o empresa que realiza las mediciones no es quien determina si una FFR cumple o no con los niveles máximos de emisión de ruido, su función es solo determinar y reportar el valor L_{Keq}. Será la Autoridad ambiental competente quien determine si hay cumplimiento o no.*

NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE VIBRACIONES Y METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

INTRODUCCIÓN

La presente norma se establece bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma regula la protección del medio ambiente contra las perturbaciones por vibraciones, estableciendo para su efecto:

- Los Límites Niveles permisibles de vibraciones en el ambiente.
- La metodología y la instrumentación para evaluar las vibraciones ambientales.
- Características de los instrumentos de medición para vibraciones.
- Criterios para la corrección y mitigación de vibraciones.
- Informe técnico para vibraciones.

1. OBJETO

La presente norma tiene como objeto la protección de la salud y bienestar humanos, así como la protección ambiental, de las perturbaciones generadas por vibraciones, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta norma es de obligatorio cumplimiento para todas las actividades e instalaciones industriales, comerciales y de servicios, construcciones y edificaciones que impliquen contaminación ambiental generada por vibraciones, así como cualquier comportamiento individual o colectivo que, aun cuando no esté expresado específicamente en esta norma, evidencie la producción de vibraciones que afecten el bienestar humano o generen contaminación ambiental.

Quedan exentas del ámbito de aplicación de esta norma las vibraciones relacionadas con el ambiente laboral reguladas por el Reglamento de Salud y Seguridad de los Trabajadores; es decir, con la seguridad y salud ocupacional, así como la construcción de carreteras. Por tanto, se excluyen de la aplicación de esta norma lo relacionado con las competencias del Ministerio de Salud y del Ministerio de Trabajo respectivamente, así como con las funciones del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

Anexo 3. Anexo 5 Libro VI TULSMA



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

LIMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES

LIBRO VI ANEXO 5

0 INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- Los niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas.
- Los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.
- Los valores permisibles de niveles de vibración en edificaciones.
- Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido.

1 OBJETO

La presente norma tiene como objetivo el preservar la salud y bienestar de las personas, y del ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles de ruido. La norma establece además los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como disposiciones generales en lo referente a la prevención y control de ruidos.

Se establecen también los niveles de ruido máximo permisibles para vehículos automotores y de los métodos de medición de estos niveles de ruido. Finalmente, se proveen de valores para la evaluación de vibraciones en edificaciones.

2 DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación, y las que a continuación se indican:

2.1 Decibel (dB)

Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.

2.2 Fuente Fija

En esta norma, la fuente fija se considera como un elemento o un conjunto de elementos capaces de producir emisiones de ruido desde un inmueble, ruido que es emitido hacia el exterior, a través de las colindancias del predio,

por el aire y/o por el suelo. La fuente fija puede encontrarse bajo la responsabilidad de una sola persona física o social.

2.3 Generadores de Electricidad de Emergencia

Para propósitos de esta norma, el término designa al conjunto mecánico de un motor de combustión interna y un generador de electricidad, instalados de manera estática o que puedan ser transportados e instalados en un lugar específico, y que es empleado para la generación de energía eléctrica en instalaciones tales como edificios de oficinas y/o de apartamentos, centros comerciales, hospitales, clínicas, industrias. Generalmente, estos equipos no operan de forma continua. Esta norma no es aplicable a aquellas instalaciones de generación de energía eléctrica destinadas al sistema nacional de transmisión de electricidad, y que utilizan tecnología de motores de combustión interna.

2.4 Nivel de Presión Sonora

Expresado en decibeles, es la relación entre la presión sonora siendo medida y una presión sonora de referencia, matemáticamente se define:

$$NPS = 20 \log_{10} \left[\frac{PS}{20 * 10^{-6}} \right]$$

donde *PS* es la presión sonora expresada en pascales (N/m²).

2.5 Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq)

Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A [dB(A)], que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido medido.

2.6 Nivel de Presión Sonora Corregido

Es aquel nivel de presión sonora que resulte de las correcciones establecidas en la presente norma.

2.7 Receptor

Persona o personas afectadas por el ruido.

2.8 Respuesta Lenta

Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de un segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

2.9 Ruido Estable

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

2.10 Ruido Fluctuante

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

2.11 Ruido Imprevisto

Es aquel ruido fluctuante que presenta una variación de nivel de presión sonora superior a 5 dB(A) Lento en un intervalo no mayor a un segundo.

2.12 Ruido de Fondo

Es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.

2.13 Vibración

Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento de un sistema mecánico, y la cual puede ser el desplazamiento, la velocidad y la aceleración.

2.14 Zona Hospitalaria y Educativa

Son aquellas en que los seres humanos requieren de particulares condiciones de serenidad y tranquilidad, a cualquier hora en un día.

2.15 Zona Residencial

Aquella cuyos usos de suelo permitidos, de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial, corresponden a residencial, en que los seres humanos requieren descanso o dormir, en que la tranquilidad y serenidad son esenciales.

2.16 Zona Comercial

Aquella cuyos usos de suelo permitidos son de tipo comercial, es decir, áreas en que los seres humanos requieren conversar, y tal conversación es esencial en el propósito del uso de suelo.

2.17 Zona Industrial

Aquella cuyos usos de suelo es eminentemente industrial, en que se requiere la protección del ser humano contra daños o pérdida de la audición, pero en que la necesidad de conversación es limitada.

2.18 Zonas Mixtas

Aquellas en que coexisten varios de los usos de suelo definidos anteriormente. Zona residencial mixta comprende mayoritariamente uso residencial, pero en que se presentan actividades comerciales. Zona mixta comercial comprende un uso de suelo predominantemente comercial, pero en que se puede verificar la presencia, limitada, de fábricas o talleres. Zona mixta industrial se refiere a una zona con uso de suelo industrial predominante, pero en que es posible encontrar sea residencias o actividades comerciales.

3 CLASIFICACIÓN

Esta norma establece los niveles máximos permisibles de ruido. La norma establece la presente clasificación:

1. Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas
 - a. Niveles máximos permisibles de ruido
 - i. Medidas de Prevención y Mitigación de Ruidos
 - ii. Consideraciones generales
 - b. De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija
 - c. Consideraciones para generadores de electricidad de emergencias
 - d. Ruidos producidos por vehículos automotores
 - e. De las vibraciones en edificaciones

4 REQUISITOS

4.1 Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas

4.1.1 Niveles máximos permisibles de ruido

4.1.1.1 Los niveles de presión sonora equivalente, NPS_{eq} , expresados en decibeles, en ponderación con escala A, que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, no podrán exceder los valores que se fijan en la Tabla 1.

TABLA 1
NIVELES MÁXIMOS DE RUIDO PERMISIBLES SEGÚN USO DEL SUELO

| TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO | NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)] | |
|------------------------------------|---|------------------|
| | DE 06H00 A 20H00 | DE 20H00 A 06H00 |
| Zona hospitalaria y educativa | 45 | 35 |
| Zona Residencial | 50 | 40 |
| Zona Residencial mixta | 55 | 45 |
| Zona Comercial | 60 | 50 |
| Zona Comercial mixta | 65 | 55 |
| Zona Industrial | 70 | 65 |

4.1.1.2 Los métodos de medición del nivel de presión sonora equivalente, ocasionado por una fuente fija, y de los métodos de reporte de resultados, serán aquellos fijados en esta norma.

4.1.1.3 Para fines de verificación de los niveles de presión sonora equivalente estipulados en la Tabla 1, emitidos desde la fuente de emisión de ruidos objeto de evaluación, las mediciones se realizarán, sea en la posición física en que se localicen los receptores externos a la fuente evaluada, o, en el límite de propiedad donde se encuentra ubicada la fuente de emisión de ruidos.

4.1.1.4 En las áreas rurales, los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de una fuente fija, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no deberán superar al nivel ruido de fondo en diez decibeles A [10 dB(A)].

4.1.1.5 Las fuentes fijas emisoras de ruido deberán cumplir con los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos correspondientes a la zona en que se encuentra el receptor.

4.1.1.6 En aquellas situaciones en que se verifiquen conflictos en la definición del uso de suelo, para la evaluación de cumplimiento de una fuente fija con el presente reglamento, será la Entidad Ambiental de control correspondiente la que determine el tipo de uso de suelo descrito en la Tabla 1.

4.1.1.7 Se prohíbe la emisión de ruidos o sonidos provenientes de equipos de amplificación u otros desde el interior de locales destinados, entre otros fines, para viviendas, comercios, servicios, discotecas y salas de baile, con niveles que sobrepasen los límites determinados para cada zona y en los horarios establecidos en la presente norma.

4.1.1.8 Medidas de prevención y mitigación de ruidos:

- a) Los procesos industriales y máquinas, que produzcan niveles de ruido de 85 decibeles A o mayores, determinados en el ambiente de trabajo, deberán ser aislados adecuadamente, a fin de prevenir la transmisión de vibraciones hacia el exterior del local. El operador o propietario evaluará aquellos procesos y máquinas que, sin contar con el debido aislamiento de vibraciones, requieran de dicha medida.
- b) En caso de que una fuente de emisión de ruidos desee establecerse en una zona en que el nivel de ruido excede, o se encuentra cercano de exceder, los valores máximos permisibles descritos en esta norma, la fuente deberá proceder a las medidas de atenuación de ruido aceptadas generalmente en la práctica de ingeniería, a fin de alcanzar cumplimiento con los valores estipulados en esta norma. Las medidas podrán consistir, primero, en reducir el nivel de ruido en la fuente, y segundo, mediante el control en el medio de propagación de los ruidos desde la fuente hacia el límite exterior o lindero del local en que funcionará la fuente. La aplicación de una o

ambas medidas de reducción constará en la respectiva evaluación que efectuará el operador u propietario de la nueva fuente.

4.1.1.9 Consideraciones generales:

- a) La Entidad Ambiental de Control otorgará la respectiva autorización o criterio favorable de funcionamiento para aquellos locales comerciales que utilicen amplificadores de sonido y otros dispositivos que produzcan ruido en la vía pública.
- b) En proyectos que involucren la ubicación, construcción y operación de aeródromos públicos o privados, el promotor del proyecto proveerá a la Entidad Ambiental de Control del debido estudio de impacto ambiental, el cual requerirá demostrar las medidas técnicas u operativas a implementarse a fin de alcanzar cumplimiento con la presente norma para niveles de ruido. Además, el estudio evaluará cualquier posible o potencial afectación, no solamente para seres humanos, sino también para flora y fauna.
- c) La Entidad Ambiental de Control no permitirá la instalación y funcionamiento de circos, ferias y juegos mecánicos en sitios colindantes a establecimientos de salud, guarderías, centros educacionales, bibliotecas y locales de culto.
- d) Los fabricantes, importadores, ensambladores y distribuidores de vehículos y similares, serán responsables de que las unidades estén provistas de silenciadores o cualquier otro dispositivo técnico, con eficiencia de operación demostrada y aprobada por la autoridad de tránsito. Se prohibirá cualquier alteración en el tubo de escape del vehículo, o del silenciador del mismo, y que conlleve un incremento en la emisión de ruido del vehículo. La matriculación y/o permiso de circulación que se otorgue a vehículos considerará el cumplimiento de la medida descrita.
- e) En lo referente a ruidos emitidos por aeronaves, se aplicarán los conceptos y normas, así como las enmiendas que se produzcan, que establezca el Convenio sobre Aviación Civil Internacional (OACI).

4.1.2 De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija

4.1.2.1 La medición de los ruidos en ambiente exterior se efectuará mediante un decibelímetro (sonómetro) normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (slow). Los sonómetros a utilizarse deberán cumplir con los requerimientos señalados para los tipos 0, 1 ó 2, establecidas en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC). Lo anterior podrá acreditarse mediante certificado de fábrica del instrumento.

4.1.2.2 El micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

4.1.2.3 Medición de Ruido Estable.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de 1 (un) minuto de medición en el punto seleccionado.

4.1.2.4 Medición de Ruido Fluctuante.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de, por lo menos, 10 (diez) minutos de medición en el punto seleccionado.

4.1.2.5 Determinación del nivel de presión sonora equivalente.- la determinación podrá efectuarse de forma automática o manual, esto según el tipo de instrumento de medición a utilizarse. Para el primer caso, un sonómetro tipo 1, este instrumento proveerá de los resultados de nivel de presión sonora equivalente, para las situaciones descritas de medición de ruido estable o de ruido fluctuante. En cambio, para el caso de registrarse el nivel de presión sonora equivalente en forma manual, entonces se recomienda utilizar el procedimiento descrito en el siguiente artículo.

4.1.2.6 Se utilizará una tabla, dividida en cuadrículas, y en que cada cuadro representa un decibel. Durante un primer período de medición de cinco (5) segundos se observará la tendencia central que indique el instrumento, y se asignará dicho valor como una marca en la cuadrícula. Luego de esta primera medición, se permitirá una pausa de diez (10) segundos, posterior a la cual se realizará una segunda observación, de cinco segundos, para registrar en la

cuadrícula el segundo valor. Se repite sucesivamente el período de pausa de diez segundos y de medición en cinco segundos, hasta conseguir que el número total de marcas, cada una de cinco segundos, totalice el período designado para la medición. Si se está midiendo ruido estable, un minuto de medición, entonces se conseguirán doce (12) marcas en la cuadrícula. Si se está midiendo ruido fluctuante, se conseguirán, por lo menos, ciento veinte (120) marcas en la cuadrícula.

Al finalizar la medición, se contabilizarán las marcas obtenidas en cada decibel, y se obtendrá el porcentaje de tiempo en que se registró el decibel en cuestión. El porcentaje de tiempo P_i , para un decibel específico NPS_i , será la fracción de tiempo en que se verificó el respectivo valor NPS_i , calculado como la razón entre el tiempo en que actuó este valor y el tiempo total de medición. El nivel de presión sonora equivalente se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$NPSeq = 10 * \log * \sum (P_i) 10^{\frac{NPS_i}{10}}$$

4.1.2.7 De los Sitios de Medición.- Para la medición del nivel de ruido de una fuente fija, se realizarán mediciones en el límite físico o lindero o línea de fábrica del predio o terreno dentro del cual se encuentra alojada la fuente a ser evaluada. Se escogerán puntos de medición en el sector externo al lindero pero lo más cerca posible a dicho límite. Para el caso de que en el lindero exista una pared perimetral, se efectuarán las mediciones tanto al interior como al exterior del predio, conservando la debida distancia de por lo menos 3 metros a fin de prevenir la influencia de las ondas sonoras reflejadas por la estructura física. El número de puntos será definido en el sitio pero se corresponderán con las condiciones más críticas de nivel de ruido de la fuente evaluada. Se recomienda efectuar una inspección previa en el sitio, en la que se determinen las condiciones de mayor nivel de ruido producido por la fuente.

4.1.2.8 De Correcciones Aplicables a los Valores Medidos.- A los valores de nivel de presión sonora equivalente, que se determinen para la fuente objeto de evaluación, se aplicará la corrección debido a nivel de ruido de fondo. Para determinar el nivel de ruido de fondo, se seguirá igual procedimiento de medición que el descrito para la fuente fija, con la excepción de que el instrumento apuntará en dirección contraria a la fuente siendo evaluada, o en su lugar, bajo condiciones de ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación. Las mediciones de nivel de ruido de fondo se efectuarán bajo las mismas condiciones por las que se obtuvieron los valores de la fuente fija. En cada sitio se determinará el nivel de presión sonora equivalente, correspondiente al nivel de ruido de fondo. El número de sitios de medición deberá corresponderse con los sitios seleccionados para evaluar la fuente fija, y se recomienda utilizar un período de medición de 10 (diez) minutos y máximo de 30 (treinta) minutos en cada sitio de medición.

Al valor de nivel de presión sonora equivalente de la fuente fija se aplicará el valor mostrado en la Tabla 2:

TABLA 2
CORRECCIÓN POR NIVEL DE RUIDO DE FONDO

| DIFERENCIA ARITMÉTICA ENTRE NPSEQ DE LA FUENTE FIJA Y NPSEQ DE RUIDO DE FONDO (dBA) | CORRECCIÓN |
|--|-------------------|
| 10 ó mayor | 0 |
| De 6 a 9 | - 1 |
| De 4 a 5 | - 2 |
| 3 | - 3 |
| Menor a 3 | Medición nula |

Para el caso de que la diferencia aritmética entre los niveles de presión sonora equivalente de la fuente y de ruido de fondo sea menor a 3 (tres), será necesario efectuar medición bajo las condiciones de menor ruido de fondo.

4.1.2.9 Requerimientos de Reporte.- Se elaborará un reporte con el contenido mínimo siguiente:

- a) Identificación de la fuente fija (Nombre o razón social, responsable, dirección);
- b) Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de predios vecinos;
- c) Ubicación aproximada de los puntos de medición;
- d) Características de operación de la fuente fija;
- e) Tipo de medición realizada (continua o semicontinua);
- f) Equipo de medición empleado, incluyendo marca y número de serie;
- g) Nombres del personal técnico que efectuó la medición;
- h) Fecha y hora en la que se realizó la medición;
- i) Descripción de eventualidades encontradas (ejemplo: condiciones meteorológicas, obstáculos, etc.);
- j) Correcciones Aplicables;
- k) Valor de nivel de emisión de ruido de la fuente fija;
- l) Cualquier desviación en el procedimiento, incluyendo las debidas justificaciones técnicas.

4.1.3 Consideraciones para generadores de electricidad de emergencia

4.1.3.1 Aquellas instalaciones que posean generadores de electricidad de emergencia, deberán evaluar la operación de dichos equipos a fin de determinar si los niveles de ruido cumplen con la normativa y/o causan molestias en predios adyacentes o cercanos a la instalación. La Entidad Ambiental de Control podrá solicitar evaluaciones mayores, y en caso de juzgarse necesario, podrá solicitar la implementación de medidas técnicas destinadas a la reducción y/o mitigación de los niveles de ruido provenientes de la operación de dichos equipos.

4.1.4 Ruidos producidos por vehículos automotores

4.1.4.1 La Entidad Ambiental de Control establecerá, en conjunto con la autoridad policial competente, los procedimientos necesarios para el control y verificación de los niveles de ruido producidos por vehículos automotores.

4.1.4.2 Se establecen los niveles máximos permisibles de nivel de presión sonora producido por vehículos, los cuales se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3
NIVELES DE PRESIÓN SONORA MÁXIMOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES

| CATEGORÍA DE VEHÍCULO | DESCRIPCIÓN | NPS MAXIMO (dBA) |
|-----------------------|--|------------------|
| Motocicletas: | De hasta 200 centímetros cúbicos. | 80 |
| | Entre 200 y 500 c. c. | 85 |
| | Mayores a 500 c. c. | 86 |
| Vehículos: | Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor. | 80 |
| | Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso no mayor a 3,5 toneladas. | 81 |
| | Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso mayor a 3,5 toneladas. | 82 |
| | Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, peso mayor a 3,5 toneladas, y potencia de motor mayor a 200 HP. | 85 |

| | | |
|---------------------|---|----|
| Vehículos de Carga: | Peso máximo hasta 3,5 toneladas | 81 |
| | Peso máximo de 3,5 toneladas hasta 12,0 toneladas | 86 |
| | Peso máximo mayor a 12,0 toneladas | 88 |

4.1.4.3 De la medición de niveles de ruido producidos por vehículos automotores.- las mediciones destinadas a verificar los niveles de presión sonora arriba indicados, se efectuarán con el vehículo estacionado, a su temperatura normal de funcionamiento, y acelerado a $\frac{3}{4}$ de su capacidad. En la medición se utilizará un instrumento decibelímetro, normalizado, previamente calibrado, con filtro de ponderación A y en respuesta lenta. El micrófono se ubicará a una distancia de 0,5 m del tubo de escape del vehículo siendo ensayado, y a una altura correspondiente a la salida del tubo de escape, pero que en ningún caso será inferior a 0,2 m. El micrófono será colocado de manera tal que forme un ángulo de 45 grados con el plano vertical que contiene la salida de los gases de escape. En el caso de vehículos con descarga vertical de gases de escape, el micrófono se situará a la altura del orificio de escape, orientado hacia lo alto y manteniendo su eje vertical, y a 0,5 m de la pared más cercana del vehículo.

4.1.4.4 Consideraciones generales.- en la matriculación de vehículos por parte de la autoridad policial competente, y en concordancia con lo establecido en las reglamentaciones y normativas vigentes, se verificará que los sistemas de propulsión y de gases de escape de los vehículos se encuentren conformes con el diseño original de los mismos; que se encuentren en condiciones adecuadas de operación los dispositivos silenciadores, en el caso de aplicarse; y permitir la sustitución de estos dispositivos siempre que el nuevo dispositivo no sobrepase los niveles de ruido originales del vehículo.

4.1.4.5 La Entidad Ambiental de Control podrá señalar o designar, en ambientes urbanos, los tipos de vehículos que no deberán circular, o deberán hacerlo con restricciones en velocidad y horario, en calles, avenidas o caminos en que se determine que los niveles de ruido, debido a tráfico exclusivamente, superen los siguientes valores: nivel de presión sonora equivalente mayor a 65 dBA en horario diurno, y 55 dBA en horario nocturno. La definición de horarios se corresponde con la descrita en esta norma.

4.1.5 De las vibraciones en edificaciones

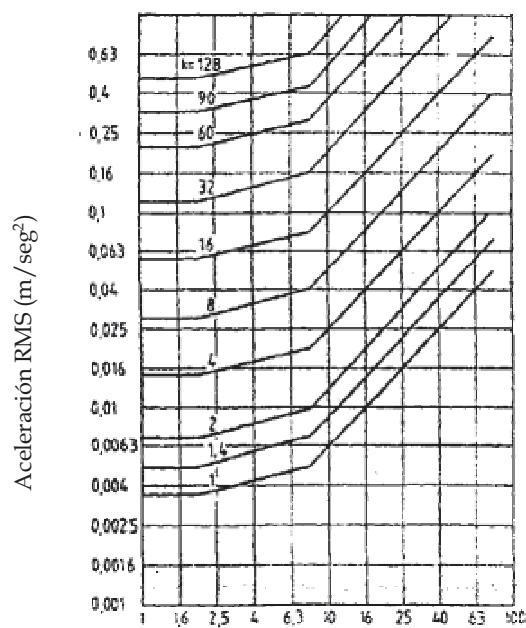
4.1.5.1 Ningún equipo o instalación podrá transmitir, a los elementos sólidos que componen la estructura del recinto receptor, los niveles de vibración superiores a los señalados a continuación (Tabla 4).

TABLA 4
LÍMITE DE TRANSMISIÓN DE VIBRACIONES

| USO DE EDIFICACIÓN | PERÍODO | CURVA BASE |
|---------------------------------------|----------|------------|
| Hospitalario, Educacional y Religioso | Diurno | 1 |
| | Nocturno | 1 |
| Residencial | Diurno | 2 |
| | Nocturno | 1,4 |
| Oficinas | Diurno | 4 |
| | Nocturno | 4 |
| Comercial | Diurno | 8 |
| | Nocturno | 8 |

4.1.5.2 La determinación de vibraciones se efectuará de acuerdo a lo establecido en la norma ISO-2631-1. La medición se efectuará con instrumentos acelerómetros, y se reportará la magnitud de la vibración como valor eficaz (rms), en unidades de metros por segundo cuadrado (m/s^2), y corregida con los factores de ponderación establecidos en la norma en referencia.

FIGURA 1
CURVAS BASE PARA LÍMITE DE TRANSMISIÓN DE VIBRACIONES



Frecuencia (Hercios)