

5. INDICADORES DE RUIDO

Parámetros utilizados en la evaluación del ruido

Dado que el ruido es una magnitud física que a diferencia de otras, como puedan ser la temperatura o la presión, que presentan valores constantes o de escasa variabilidad, sí que presenta variaciones importantes tanto de tipo de ruido (como se indicó en el Tema 2) como de su magnitud en función del tiempo (puesto que dentro de un sonido y en su caso ruido hay valores mínimos, máximos, valores que más se reproducen, etc.), y de la necesidad de fijar unos límites máximos de exposición a los niveles de ruido, hay que establecer unos parámetros de entre todos los existentes que se consideren indicadores representativos de esta forma de energía. En efecto, existen parámetros acústicos que muestran valores instantáneos de una medición, o valores máximos o mínimos, valores que se han sobrepasado durante un determinado tiempo (percentiles), valores promedio energéticos, etc., los cuales pueden utilizarse según se trate de evaluar el sonido como sensación sonora o molestia (ruido).

Los principales indicadores utilizados en la evaluación del ruido son los siguientes:

Nivel de presión sonora (SPL)

Este indicador determina la [intensidad del sonido](#) que genera una [presión sonora](#) instantánea, por lo que constantemente está variando a lo largo del tiempo y no se puede utilizar por sí solo como indicador de un período de tiempo, sino como valor de base que promediado en unos términos acústicos concretos da lugar a otros parámetros de menor variabilidad y de mayor representatividad. Si se utiliza la red de ponderación A para evaluar la molestia percibida por el oído humano, se representa por L_A .

Para un determinado periodo de tiempo T, se pueden determinar, entre otros, los valores L_{Amax} , el valor máximo de nivel de presión sonora alcanzado durante todo el intervalo de estudio, y L_{Amin} , el valor mínimo.

Nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq})

Dado que en las mediciones acústicas durante un determinado tiempo se registran muchos valores instantáneos diferentes y es necesario expresar el resultado de la medición mediante un número sencillo que represente en global la magnitud de dicha medición, se acude a un valor promedio que englobe todas las variaciones del nivel sonoro durante todo el período medido. Por todo lo comentado, el parámetro acústico utilizado y aceptado internacionalmente como indicador del grado de molestia acústica lo constituye el nivel sonoro continuo equivalente, nivel continuo equivalente, o simplemente nivel equivalente.

Este parámetro representa la media energética del nivel de ruido promediado en el intervalo del tiempo de medida. Es el ruido continuo que tendría el mismo contenido en energía acústica que el ruido real variable en el mismo intervalo de tiempo.

En ningún caso corresponde a un promedio aritmético, sino que en el promediado tienen más peso los valores más altos, y únicamente coincidiría con la media aritmética cuando todos los valores instantáneos fueran exactamente iguales (caso altamente improbable), de lo contrario

siempre es superior. Una de sus principales características es que detecta con gran sensibilidad los picos (valores máximos) durante el periodo de medición.

Puesto que corresponde a un promedio a lo largo del tiempo, el nivel equivalente debe ir acompañado siempre de la indicación del período de tiempo al que se refiere. En caso de utilización de la red de ponderación A se representa por $L_{Aeq,T}$, se expresa en dBA y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T} \cdot \sum_i 10^{\frac{L_i}{10}} \cdot t_i \right)$$

siendo: T : Período total de medida

t_i : Duración del período i

L_i : Nivel de presión sonora en el período i

Los sonómetros que miden directamente el nivel equivalente se denominan sonómetros integradores.

Nivel de exposición sonora (SEL)

Para determinadas aplicaciones, es necesario conocer el valor de la energía acústica que se ha obtenido mediante el nivel equivalente durante un tiempo determinado de medición pero referido a 1 segundo. Este valor se conoce como nivel de exposición sonora y representa el nivel continuo equivalente que para el tiempo de 1 segundo tiene la misma energía que el ruido considerado en un periodo de tiempo determinado.

Este indicador combina el nivel de presión sonora con la duración del suceso, y se utiliza principalmente para medir eventos aislados de una duración reducida, como pueden ser el ruido producido por el paso de un tren o de un avión.

Este nivel de exposición sonora tradicionalmente se ha denominado *SEL*, y en la actualidad se denomina L_{AE} .

Para un evento aislado, en un intervalo de tiempo T , la relación entre el nivel continuo equivalente $L_{Aeq,T}$ y el nivel de exposición sonora L_{AE} se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

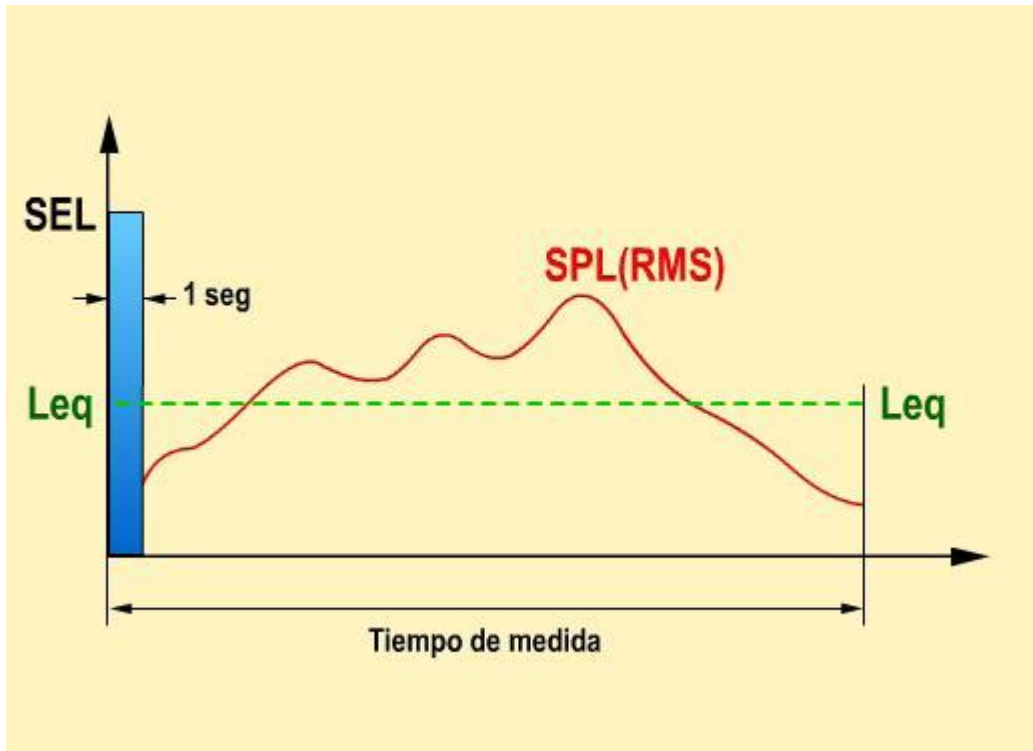
$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \left[\frac{t_0}{T} \cdot 10^{\frac{L_{AE}}{10}} \right]$$

siendo: t_0 : Período de referencia (1 segundo)

O bien:

$$L_{Aeq,T} = L_{AE} + 10 \cdot \log \frac{t_0}{T}$$

En la siguiente gráfica puede observarse la relación existente entre los indicadores SPL (valor instantáneo), $L_{eq,T}$ (promedio) y SEL (promedio referido a 1 segundo):



Niveles estadísticos o percentiles

Puesto que como se ha indicado anteriormente en las mediciones se registran diferentes valores instantáneos durante un tiempo de medición, y se quiere conocer las características acústicas del ruido medido (cuántas veces se repite un valor, cuántas veces se supera un determinado nivel, o qué valor solamente es superado un determinado número de veces en la medición), se recurre al cálculo de los niveles estadísticos o percentiles, que muchos modelos de sonómetros los calculan directamente.

Se expresan mediante la forma $L_{AN,T}$ e indican que el nivel de presión sonora L_A ha sido sobrepasado en un porcentaje N del tiempo o período de medición T . Los más utilizados son los siguientes:

- $L_{A90,T}$ es el nivel excedido durante el 90% del tiempo de medición, y se utiliza como indicador del nivel del ruido de fondo.
- $L_{A50,T}$ es el nivel excedido durante un 50% del período de medición, pudiendo utilizarse en ocasiones como un valor medio del nivel de presión sonora medido.

- $L_{A10,T}$ es el nivel excedido solamente durante un 10% del tiempo de medida. Es un indicador de los valores más altos de la señal.

Así pues, para el caso habitual en una medición sonora de diferentes valores de niveles instantáneos, siempre se da que $L_{A1,T}^3 + L_{A5,T}^3 + L_{A10,T}^3 + L_{A50,T}^3 + L_{A90,T}^3 + L_{A99,T}^3$.

Mediciones de ruido ambiental

Un aspecto fundamental en la evaluación y gestión del ruido ambiental es la aplicación de parámetros y criterios homogéneos que permitan comparar los datos de ruido obtenidos en distintos ámbitos territoriales. Por ello, en la legislación acústica se fijan los indicadores de ruido que deben utilizarse en cada caso.

Así, la Directiva 2002/49/CE (y el Real Decreto 1513/2005 por el que se transpone) selecciona el índice de ruido día-tarde-noche L_{den} y el índice de ruido del período noche L_n para la elaboración de los mapas estratégicos de ruido. Por otro lado, el Real Decreto 1367/2007, por el que se desarrolla parcialmente la Ley del Ruido, establece los índices de ruido de los períodos día (L_d), tarde (L_e) y noche (L_n) para evaluar los objetivos de calidad acústica de los distintos tipos de áreas acústicas (residencial, sanitario, educativo, terciario, etc.), y otros indicadores adicionales para valorar el cumplimiento de los valores límite fijados para los emisores acústicos.

Así pues, para evaluar el ruido ambiental se utilizan principalmente indicadores de niveles sonoros medios a largo plazo, adecuados para la planificación y para la aplicación de un planteamiento integrado a zonas residenciales, ciudades y aglomeraciones, pero no apropiados para situaciones a corto plazo, muchas veces asociados a quejas y denuncias concretas.

Estos parámetros L_d , L_e y L_n no son más que casos particulares del parámetro nivel continuo equivalente referidos a los períodos definidos como día, tarde y noche.

L_d

Es un indicador de ruido asociado al día, que puede definirse como el nivel sonoro medio a largo plazo determinado a lo largo de todos los períodos diurnos de un año, donde al día le corresponden 12 horas, en el período que se extiende desde las 7 hasta las 19 horas.

L_e

Es un indicador del nivel sonoro durante la tarde, definido como el nivel sonoro medio a largo plazo determinado a lo largo de todos los períodos vespertinos de un año, donde a la tarde le corresponden 4 horas, en el período que se extiende desde las 19 hasta las 23 horas.

L_n

Los niveles sonoros nocturnos han demostrado ser más molestos para las personas debido a las alteraciones que pueden provocar en el sueño

L_n es un indicador del nivel sonoro durante la noche, período especialmente protegido por corresponder habitualmente a horas de descanso, razón por la que los límites máximos del período noche son siempre inferiores a los de los períodos día y tarde. Se define como el nivel sonoro medio a largo plazo determinado a lo largo de todos los períodos nocturnos de un año, donde a la noche le corresponden 8 horas, en el período que se extiende desde las 23 hasta las 7 horas.

L_{den}

L_{den} es un indicador del nivel de ruido global durante el día, la tarde y la noche, utilizado para determinar la molestia vinculada a la exposición al ruido.

Este parámetro pretende dar una idea del nivel de ruido a lo largo de las 24 horas del día, teniendo en consideración el hecho de que durante la noche la población se vuelve más sensible al ruido y, si bien habitualmente los niveles sonoros disminuyen en cierta medida durante ese período, su importancia relativa aumenta.

Se trata del L_{Aeq} para un período de 24 horas, con una penalización de 5 dBA para los niveles sonoros equivalentes correspondientes al período tarde y de 10 dBA para los de la noche.

Para ello, cada período de 24 horas se divide en 3 partes: Día (desde las 7 hasta las 19 horas), tarde (desde las 19 hasta las 23 horas) y noche (desde las 23 hasta las 7 horas del día siguiente).

Para calcular el L_{den} se obtienen niveles sonoros equivalentes para los períodos día (L_d), tarde (L_e) y noche (L_n). A los dos últimos se les suman 5 y 10 dBA, respectivamente, y luego se promedian con el L_d de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L_{den} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{24} \cdot \left(12 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right]$$

Redes de vigilancia

El control más completo de la contaminación acústica de un núcleo urbano es posible llevarlo a cabo mediante una vigilancia continuada de los niveles sonoros ambientales a través de mediciones acústicas. Esta vigilancia continuada experimental no es preceptiva, y su finalidad no es simplemente recopilar datos de ruido ambiental, sino proporcionar la información necesaria que permita tomar decisiones acerca de la gestión y mejora de la calidad acústica de las zonas en estudio. Cuando las posibilidades económicas lo permiten, se pueden ubicar una serie de estaciones de medición en puntos determinados de la ciudad (según los objetivos que se persiga) y de esta manera llevar un control permanente e ininterrumpido de los niveles sonoros ambientales. Este conjunto de puntos de medición

interconectados con un punto de recepción o estación de control constituyen lo que se denomina una red de vigilancia de la contaminación acústica.

Las estaciones de medición mencionadas pueden ser tanto fijas como móviles, y su principal característica es su dinamismo, de manera que si los objetivos por los que se ha implantado una estación en un determinado punto se han cubierto se retira de ese punto para cubrir otros objetivos. Entre estos objetivos, que configuran el diseño de las redes de vigilancia, cabe señalar:

- Selección de puntos representativos para la ubicación de los equipos de medición que permitan realizar un seguimiento en tiempo real de los niveles de ruido y su evolución en el tiempo.
- Revisión de los datos ya existentes de niveles sonoros, bien sea procedentes de monitoreos previos o de mapas de ruido.
- Caracterización acústica de zonas de estudio para disponer de datos experimentales de niveles sonoros y poder cumplir los objetivos acústicos que marca la legislación.
- Descripción detallada de las principales fuentes generadoras de ruido y, en especial, de aquellas que tengan una participación directa en los niveles de ruido en las zonas de estudio.
- Selección y revisión de las zonas más conflictivas o de mayor afluencia de personas (como pueden ser zonas comerciales) y posibilidades de mejora de la calidad acústica en cada zona.
- Vigilancia de la repercusión acústica que las zonas industriales tienen sobre las zonas residenciales.
- Seguimiento de los niveles sonoros producidos por las infraestructuras de transporte (tráfico rodado, ferroviario, aéreo, etc.).
- Estudio sonométrico de declaración de zonas acústicamente saturadas (ZAS), constituyendo la prueba técnica documental a través de las mediciones sonoras de que se cumplen los requisitos para su declaración, así como el seguimiento acústico de ésta.
- Actualización dinámica de los mapas de ruido.
- Proporcionar la máxima información al ciudadano en temas acústicos medioambientales.
- Mejora de la calidad acústica de la ciudad.

Las redes de vigilancia deben diseñarse de manera que se optimice la cobertura tanto espacial como temporal de los datos dentro de los límites que marcan los recursos disponibles en cada momento y en unas condiciones lo más seguras posibles de la instrumentación utilizada para preservarla de cualquier acto vandálico.

Cada estación o punto de medición de la red consta de un sonómetro o terminal de monitorado (generalmente analizador estadístico), dotado de micrófono intemperie y alojado también en caja intemperie. Requisito para su funcionamiento ininterrumpido es el de

disponer de alimentación eléctrica de tal forma que, si se prevé cierta permanencia, se dota estas estaciones de alimentación eléctrica y de línea telefónica, con lo cual la recepción de datos se puede realizar de forma automática. Para garantizar el correcto funcionamiento y validez de los datos obtenidos se deben realizar mantenimientos, comprobaciones y verificaciones periódicas de calibración de todo el sistema de medición.

La medición de los niveles de presión sonora debe llevarse a cabo en ubicaciones exteriores que sean apropiadas para la descripción sonora del ambiente sometido a estudio, por lo que la colocación de los puntos de medición debe escogerse cuidadosamente (altura del micrófono, distancia a la fachada de los edificios y a otros obstáculos que puedan actuar como pantallas, etc.), cumpliendo en todo momento la normativa legislativa existente tanto para mediciones sonoras ambientales, de infraestructuras de transporte, o de seguimiento de ZAS.

Los datos de niveles sonoros registrados en las distintas estaciones deben pasar posteriormente por un cuidadoso proceso de validación, análisis e interpretación, de manera que se acepten únicamente los datos que ofrecen absoluta fiabilidad y se procesen de la manera que más convenga según la finalidad última a la que vayan destinados. En todos los casos se obtendrán principalmente índices de inmisión de ruido, que miden la exposición de los sujetos a los niveles de contaminación acústica que se producen en su entorno durante un período de tiempo determinado.

Las redes de vigilancia de la contaminación acústica permiten obtener información muy útil acerca de los niveles sonoros del tráfico rodado en las principales vías urbanas (lo que puede permitir posteriormente aplicar medidas de gestión de tráfico en los puntos en los que se considere necesario disminuir dichos niveles para aumentar la calidad acústica de las zonas estudiadas), analizar desde el punto de vista acústico la repercusión del ocio nocturno en el descanso de los ciudadanos (zonas acústicamente saturadas), llevar a cabo un seguimiento detallado del impacto acústico de fuentes de ruido concretas (como puede ser el paso de los aviones que sobrevuelan los núcleos urbanos) y en general, estudiar las tendencias a largo plazo de los datos como herramientas de la planificación urbanística y las regulaciones de control de la contaminación acústica.

Refiriéndonos en concreto a la ciudad de Valencia, el Ayuntamiento de la ciudad, a través del Servicio de Contaminación Acústica, gestiona la Red de Vigilancia de la Contaminación Acústica, cuyos orígenes se remontan a 1994, año en que se implantaron sonómetros en 3 de las estaciones automáticas de control de la contaminación atmosférica. Con ello se iniciaron las primeras mediciones ambientales en continuo en la ciudad. A medida que se fue adquiriendo instrumentación acústica se fueron realizando mediciones en zonas de diferentes usos, con la idea de tener datos experimentales concretos y poder fijar límites reales en la Ordenanza Municipal de Ruidos y Vibraciones que se estaba elaborando. Al mismo tiempo, se realizaron las primeras mediciones acústicas en algunas zonas de ocio y tras la aprobación de la mencionada Ordenanza se fueron ampliando los objetivos de la Red, ubicando de forma permanente estaciones de medición en las zonas comercialmente más transitadas de la ciudad, zonas de ocio, zonas con importante influencia de tráfico rodado y puntos para el seguimiento del tránsito aéreo de las líneas regulares que sobrevuelan la

ciudad, hasta configurar la actual Red de Vigilancia de la Contaminación Acústica. En el plano que se adjunta se muestran las estaciones fijas que forman parte de dicha Red.

Debido al carácter dinámico que se le quiere otorgar, es posible que en algún caso concreto se produzca alguna variación en cuanto a la ubicación de algunas de las estaciones, y que obedecería a una ampliación de objetivos en la vigilancia acústica.

Toda la información en la Red de Vigilancia de la Contaminación Acústica de Valencia se procesa en la Estación Central de Control a los efectos pertinentes, y se ofrece información periódicamente actualizada en la página web de Servicio de Contaminación Acústica de las estaciones ambientales que no son objeto de expedientes administrativos:

<http://www.valencia.es/ayuntamiento/maparuido.nsf> (ejecutando el *Visor del Ruido*)

