

# Mediciones de ruido en exteriores

*Federico Miyara*

## 1. Introducción

La metodología para realizar cualquier medición y los procedimientos asociados están siempre en función de los objetivos de la medición y de las condiciones en que la misma deberá llevarse a cabo. Por ello es conveniente, antes de referirnos a los aspectos técnicos en sí, repasar las situaciones más habituales que conducen a la realización de mediciones de ruido en exteriores:

- a) Cuando el punto de inmisión [1] se encuentra en el exterior, por ejemplo en un puesto de trabajo o en un área recreativa o de descanso al aire libre, o bien cuando se debe evaluar el impacto sobre componentes sensibles de la biota. La medición puede tener carácter diagnóstico o para verificar el cumplimiento de disposiciones reglamentarias.
- b) Cuando a partir de determinaciones al aire libre es posible deducir las características del ruido de inmisión en interiores. Esto sucede cuando se conocen con cierto detalle las características constructivas de las fachadas y sus propiedades acústicas. No es frecuente que se recurra a este procedimiento para la aplicación de disposiciones, ya que se prefiere en general medir directamente en el punto de inmisión. Una aplicación más probable sería para la evaluación de impacto acústico en interiores evitando las dificultades que implican las mediciones dentro de un domicilio particular (solicitud de permisos, restricciones horarias, consumo adicional de tiempo, interferencias debidas a la actividad habitual en la vivienda).
- c) Cuando se han normalizado procedimientos de medición con fines comparativos, por ejemplo en la elaboración de mapas de ruido, o para aplicación de ciertas reglamentaciones. No se tiene en cuenta en estos casos el punto de inmisión final, es decir, el correspondiente a la ubicación real de las personas afectadas, en general ubicado en el interior de viviendas, debido a las dificultades ya señaladas.
- d) Cuando se desea caracterizar ciertas fuentes acústicas a través de mediciones en condiciones apropiadas. Por ejemplo, la medición de la potencia acústica radiada por una maquinaria o instalación, o la determinación del ruido emitido por automóviles, aeronaves, etc.
- e) Por último, en ciertas circunstancias los exteriores proporcionan condiciones de propagación del sonido de campo libre, anecoicas o semianecoicas, lo cual permite la realización de diversos experimentos sin la necesidad de contar con instalaciones costosas.

## 2. Instrumental y accesorios

El instrumento básico para las mediciones de ruido es el *sonómetro*, también llamado *medidor de nivel sonoro* o, popularmente, *decibelímetro*. Para realizar mediciones confiables es importante que el instrumento responda a las normas IEC (o IRAM en la Argentina). Los instrumentos más simples, es decir, los que sólo realizan

mediciones instantáneas, se rigen por las normas IEC 60651 (actualmente reemplazada por la IEC 61672) e IRAM 4074, que básicamente establecen las tolerancias de la respuesta temporal y en frecuencia, así como la estabilidad en el tiempo de sus características. En el caso de instrumentos integradores, la norma aplicable es la IEC 60804 (reemplazada por la IEC 61672). Los instrumentos que acreditan el cumplimiento de estas normas son generalmente costosos. El usuario debe estar advertido de que muchas marcas económicas incluyen en sus especificaciones frases como “diseñado para cumplir” con tal o cual norma, pero no necesariamente cumplen con dicha norma.

El segundo elemento a utilizar es un calibrador acústico. Este equipo genera un tono típicamente de 1 kHz y 94 dB, aunque en el caso de los pistófonos (un tipo de calibrador basado en un pistón oscilante) la frecuencia suele ser de 250 Hz. Algunos calibradores proporcionan también un nivel de 114 dB, apto para calibrar en ambientes ruidosos. La calibración acústica con el calibrador externo debe ser realizada según las instrucciones del fabricante. En algunos casos debe aplicarse una pequeña corrección, dado que los micrófonos más apropiados para mediciones en exteriores son los de campo libre, que tienen optimizada su respuesta para ondas planas. El campo sonoro que genera un calibrador en su pequeña cavidad es un campo de presión, por lo que la lectura en el instrumento debería ser 0,15 dB menor que el nivel de referencia. Así, al calibrar con 94 dB, deberá efectuarse el ajuste de manera que se lea 93,85 dB o el valor más cercano a éste que permita la resolución del instrumento (por ejemplo, 93,9 dB).

Muchos sonómetros incluyen una calibración eléctrica interna que permite ajustar la ganancia de la circuitería interna. Debe aclararse que si bien dicha señal de calibración es muy útil en muchos casos, no constituye una verdadera calibración ya que no tiene en cuenta el micrófono, que es precisamente el componente más susceptible de sufrir variaciones de sensibilidad por condiciones atmosféricas.

Un accesorio imprescindible para las mediciones en exteriores es la pantalla antiviento, formada por una bocha de espuma de poliuretano de unos 7 cm de diámetro. Esto reduce el ruido producido por la turbulencia del viento contra el micrófono, ya que aumenta el radio de curvatura y favorece el flujo laminar. En ausencia de viento el efecto sobre el ruido a medir es en general menor de  $\pm 1$  dB. Si bien la pantalla antiviento reduce el ruido, no lo elimina. De hecho, el ruido propio depende de la velocidad del viento. Hasta unos 20 km/h el efecto no es muy considerable, especialmente si se va a medir con ponderación A, ya que el ruido del roce del viento contra la pantalla es predominantemente de baja frecuencia, que es fuertemente atenuada por la red A [2]. Para velocidades del viento muy elevadas, existen accesorios más sofisticados, pero debe tenerse en cuenta que el viento no sólo produce ruido al interactuar con el instrumento, sino también con todos los elementos del entorno, particularmente árboles, cables, columnas, etc., por lo que debe evaluarse si la presencia del ruido del viento no desvirtúa la medición a realizar (salvo el caso en que se pretendiera medir el propio ruido del viento). Una importante excepción se da en aquellos lugares en los que el viento es permanente, por lo cual no es posible seleccionar un momento sin viento.

Otro accesorio es el trípode, que permite estabilizar y documentar con precisión la posición y orientación del sonómetro, además de evitar la presencia del operador en las cercanías (sorteando las posibles reflexiones sobre su cuerpo). En muchos casos las mediciones en exteriores se realizan entre 1,20 y 1,50 m sobre el suelo. Un trípode común de fotógrafo puede servir, aunque en caso de ser muy liviano (como es la tendencia actual) existe el riesgo de que se desestabilice en presencia de viento, corriéndose el riesgo inclusive de que llegue a caer. En algunos casos se exigen alturas superiores a los 4 m, requiriéndose equipos de sostén especiales.

Según la disposición del equipamiento puede ser necesario el uso de un cable de extensión para el micrófono y su preamplificador (en general incluido en el vástago que

aflora de la carcasa del equipo). Éste permite monitorear visualmente la lectura del instrumento sin correr el riesgo de interferir en la medición. Estos cables son costosos, debido a los conectores especiales, por lo cual es aconsejable adquirir cables de 5 m ó más ya que no son mucho más caros y en cambio permiten mayor flexibilidad de uso.

Hasta aquí nos hemos referido al instrumental básico. En muchos casos es necesario efectuar otras mediciones, por ejemplo el espectro del sonido. En este caso será necesario contar con un analizador de espectro o, si el ruido es suficientemente estacionario, un banco de filtros, que es más económico pero permite medir de a una banda de frecuencias por vez. Una alternativa muy recomendable, tanto por la relación de costos con respecto al analizador de espectro tradicional como por las posibilidades que ofrece, es la grabación digital calibrada del ruido a medir. La señal se obtiene directamente de la salida de audio (AC) del sonómetro y se envía al grabador mediante cables de audio de buena calidad. La grabación digital permite la transferencia a una computadora para su procesamiento ulterior. No sólo es posible obtener espectros con el grado de detalle que haga falta utilizando técnicas FFT (Fast Fourier Transform, Transformada Rápida de Fourier) sino que pueden aplicarse diversas ponderaciones (inclusive no tradicionales), obtenerse niveles estadísticos, efectuar reconocimientos o caracterizaciones auditivas de eventos, descartar intervalos en los que aparecen señales interferentes, etc. La grabación digital puede realizarse mediante DAT, Minidisc o disco duro. En [3] pueden encontrarse más detalles sobre esta interesante técnica.

### **3. Recomendaciones generales**

Al realizar mediciones en exteriores se supone tácitamente que el sonido se propaga en campo libre, vale decir, sin reflexiones importantes. Es preciso evitar, por consiguiente, la presencia de reflexiones espurias existentes o creadas durante la medición. Para ello se recomienda que el micrófono se encuentre por lo menos a 2 m de la superficie más cercana. Una excepción generalmente inevitable la constituye la reflexión en el terreno. Como se adelantó anteriormente, el operador del instrumental puede ocasionar reflexiones importantes, capaces de alterar una medición, sobre todo en baja frecuencia, donde la absorción del cuerpo y la vestimenta son menores.

Una consecuencia de la presencia de reflexiones es un efecto conocido como “filtro peine” (comb filter), por el cual algunas frecuencias se enfatizan y otras se atenúan hasta casi desaparecer. Esto es consecuencia de la interferencia de la onda directa con la onda reflejada [4]. En el caso de mediciones de banda ancha como son las mediciones con ponderación A, en general la recomendación de los 2 m es suficiente para que el error sea despreciable. En el caso de mediciones en bandas de tercio de octava, el efecto podría no ser tan despreciable.

Si fuera posible medir con el micrófono al ras de la pared, el efecto sería un incremento de aproximadamente 3 dB en todas las frecuencias. Precisamente, esto es lo que se hace en la medición de los estampidos sónicos, pero es casi la única situación en la que se mide cerca de una superficie.

Las condiciones atmosféricas pueden producir alteraciones de las mediciones. Una humedad muy elevada, por ejemplo puede modificar la respuesta del instrumento en forma inadmisibles. En general se recomienda no medir si la humedad relativa ambiente es superior a 90 %, e inclusive diversas normas de procedimiento lo excluyen explícitamente. El sol directo sobre el instrumento puede ocasionar en días cálidos derivas importantes por elevación de la temperatura, por lo cual si es inevitable medir en esos casos corresponde chequear la calibración varias veces durante el transcurso de una serie de mediciones. El calibrador deberá conservarse protegido del sol directo.

Debe evitarse la presencia de fuentes de ruido ajenas al objeto de la medición. Esto implica evitar situaciones atípicas. Las mediciones que se efectuaren con alguna interferencia de este tipo deben ser descartadas ya que no son representativas. Una situación frecuente, sobre todo en las mediciones en la vía pública, es la presencia de curiosos, e inclusive la irrupción con preguntas sobre el objeto de las mediciones o el organismo que las realiza. En algunos casos determinadas personas intervienen con sonidos destinados directamente a boicotear la medición, por ejemplo gritos frente al micrófono. En todos estos casos las mediciones deben descartarse. Lo más recomendable es aguardar que la interrupción desaparezca y repetir la medición.

Cuando se trata de mediciones de nivel equivalente extendido a periodos largos conviene organizarlas en periodos más cortos y luego obtener el total por cálculo. De esta manera se evitan las excesivas pérdidas de tiempo debidas a las interrupciones mencionadas anteriormente.

Por último, caben ciertas recomendaciones en lo referente a aspectos logísticos. Es conveniente llevar planillas diseñadas especialmente para la medición específica a realizar, en donde haya espacio para la ubicación de la fuente y el medidor, orientación del micrófono, fecha, horario, operador(es) a cargo de la medición, escalas de medición y demás configuraciones del instrumento (ponderación, velocidad de respuesta, rango, modo de medición, etc.), descripción y croquis del lugar, observaciones, incidentes, etc. Asimismo, no deberían descuidarse aspectos de índole práctica como llevar baterías o pilas en cantidad suficiente para cubrir con creces el tiempo total previsto para todos los instrumentos y verificar el funcionamiento e integridad de instrumentos, cables y accesorios antes de abandonar el gabinete.

## **4. Recomendaciones para situaciones específicas**

### **4.1. Punto de inmisión en el exterior**

Cuando el punto de inmisión corresponde a la posición de una persona específica (por ejemplo un operario) conviene realizar la medición en la posición de los oídos pero sin la persona presente. Cuando se refiere a un área ocupada por diversas personas, se procederá a realizar la medición en diversos puntos representativos y luego se promediarán los resultados, ya sea linealmente si la diferencia máxima encontrada no excede los 5 dB o energéticamente si las diferencias son mayores. Los parámetros a registrar dependen de la formulación del criterio aplicable. Por ejemplo, si lo que se está evaluando es el riesgo auditivo se obtendrá el nivel equivalente, ya sea por medición directa a lo largo de una jornada representativa o subdividiendo la jornada en intervalos en los que el ruido sea uniforme y pueda ser descripto a través de una medición relativamente corta, extrapolándose las mediciones efectuadas de acuerdo con las prácticas habituales a la jornada completa [5]. Si se pretende evaluar la molestia, puede ser importante registrar los máximos o inclusive la distribución estadística de los niveles.

### **4.2. Determinación del ruido interior a partir del ruido exterior**

En este caso se pretende determinar la energía incidente en la fachada, ya que a partir de ésta, el índice de reducción acústica (o pérdida de transmisión) y las condiciones acústicas del ambiente receptor es posible obtener el nivel interior. Dado que la determinación de la energía incidente se obtiene a partir de mediciones de nivel de presión sonora, debe evitarse el efecto de la reflexión, por lo cual se deberá respetar

la recomendación de medir a 2 m o más de la fachada. Si la fuente se encuentra muy cercana y por lo tanto el campo sonoro no es plano puede ser necesaria una corrección por divergencia esférica, hemisférica o hemicilíndrica, según el caso [6], para evaluar la presión sonora que se tendría sobre la pared (si ésta no estuviera presente). En muchos casos puede ser recomendable efectuar mediciones de espectro, aunque existen métodos basados en los términos de adaptación espectral [7] que permiten obtener la atenuación de las fachadas para niveles ponderados A ante ruidos específicos como el ruido del tráfico.

### **4.3. Mediciones para mapas acústicos**

En este caso se pretende determinar el ruido en ciertas posiciones, por ejemplo, en la acera a 2 m de la fachada y a 1,2 m de altura, o bien a 4 m de altura. En general se efectúan las mediciones en puntos equidistantes de las esquinas, para minimizar el ruido proveniente de las calles transversales. Esto es útil para correlacionar el ruido con la intensidad del tráfico. El tiempo de medición requerido depende de la circulación. Para calles poco circuladas puede ser necesario efectuar mediciones de media hora o más antes de que el nivel equivalente se estabilice con un error máximo aceptablemente bajo (por ejemplo  $\pm 1$  dB). En calles de gran circulación pueden ser suficientes 5 minutos. En calles urbanas típicas en general se requiere medir 15 minutos en cada punto. El parámetro a medir suele ser el nivel equivalente con ponderación A.

### **4.4. Caracterización de fuentes acústicas**

El objetivo es, en este caso, determinar las características del emisor a partir de mediciones a cierta distancia del mismo. La caracterización completa de una fuente sonora requiere determinar la potencia acústica radiada (especificada como nivel de potencia acústica) y la directividad. Con estos parámetros y las condiciones de propagación, de acuerdo a lo establecido en la norma ISO 9613, es posible determinar el nivel de presión sonora en cualquier punto de observación en el cual predomine el ruido de dicha fuente. En el caso de grandes fuentes que exigen realizar las mediciones a distancias considerables, debe tenerse en cuenta que a más de 100 m de distancia el efecto del viento o de los gradientes térmicos sobre la propagación del sonido es considerable, provocando posibles errores. Las mediciones deberían realizarse, por lo tanto, en ausencia de corrientes de aire o inversiones de temperatura (éstas suelen darse de noche o a horas tempranas de la mañana).

En ciertos casos la fuente debe ser caracterizada con fines comparativos o de homologación. Un ejemplo es la medición del ruido de los automotores por el método dinámico. En este caso se mide el ruido máximo obtenido bajo condiciones de aceleración a partir de una velocidad aproximada de 50 km/h, con el sonómetro a 7,5 m del eje longitudinal del vehículo y 1,2 m de altura. El valor obtenido no permite extrapolar los resultados a otras situaciones, como en el caso anterior, pero proporciona un valor característico apto para su uso en procesos de homologación de un modelo o configuración de vehículo. Los detalles se encuentran en la normativa específica (ISO 362, IRAM-AITA 9C).

### **4.5. Mediciones en condiciones de campo libre**

Finalmente, en ocasiones pueden aprovecharse las condiciones de campo libre que se tienen al aire libre para realizar ciertas mediciones que de otro modo requerirían

contar con una cámara anecoica. La consideración más importante en estos casos es el ruido ambiente. El ambiente a utilizar debería estar despejado y ser excepcionalmente silencioso, salvo que la fuente pudiera ajustarse para emitir grandes potencias, como en el caso de grandes altavoces, bocinas o cajas electroacústicas. Debería evitarse el viento y la presencia de superficies reflectantes en las proximidades de la fuente o del instrumento. En el caso del suelo, es preferible el terreno absorbente cubierto de césped, gramilla u otros vegetales herbáceos o de baja altura.

## Notas y Referencias

- [1] La inmisión es la recepción del sonido en un punto de observación o de percepción. El ruido de inmisión es el ruido que llega al punto de observación.
- [2] Véase, por ejemplo, el artículo de este autor titulado “Niveles sonoros”, disponible en <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/niveles.htm>
- [3] Federico Miyara, "¿Ruido o señal? La otra información. En defensa del registro digital del ruido urbano. Disponible en Internet en <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/reg-dig.pdf>
- [4] Debido a que existe un retardo T entre ambas ondas (pues la onda reflejada debe recorrer una distancia mayor), cuando la frecuencia es tal que en T cabe un número entero de periodos las presiones de ambas ondas se suman, produciendo un sonido más intenso. Cuando en T cabe un número semientero de periodos, las presiones se restan, tendiendo a producir un sonido muy débil. En el artículo “Manchas acústicas: ruido de aeropuertos” de Marta Yanitelli et al. pueden hallarse más detalles. Disponible en <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/aeropuer.pdf>
- [5] Véase, por ejemplo, la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19587 y su Decreto Reglamentario N° 351/79 en la Argentina, o similares para otros países.
- [6] Un objeto pequeño y homogéneo que radia omnidireccionalmente tiene una divergencia esférica. Si el objeto está apoyado sobre un piso reflectante tiene divergencia hemisférica. En ambos casos el nivel de presión sonora se reduce 6 dB cada vez que se duplica la distancia. Una fuente muy larga (por ejemplo una carretera) tiene divergencia hemicilíndrica lo cual implica que el nivel de presión sonora disminuye 3 dB cada vez que se duplica la distancia
- [7] Véase la norma ISO 717.