

Valoración del ruido emitido por lavadoras

Lladó, J.; Laiz, J.; Martínez, F.J.; Fernández, A.
Dpto. de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza.
Calvillo, J.; Usón, L.
Balay S.A.

1. INTRODUCCION

Para un fabricante de lavadoras son obvias las ventajas que supone la reducción del ruido en sus máquinas de modo que ofrezca un producto que mejore la calidad de vida en los hogares de los compradores.

Las necesidades que generalmente plantea el fabricante en lo relativo al ruido emitido por las lavadoras se pueden centrar en tres puntos:

- Conocer la importancia, absoluta y relativa, de la emisión de ruido de sus lavadoras, de forma que se puedan comparar con las producidas por otros fabricantes.
- Determinar alguna o algunas características del ruido que permitan deducir su origen, posibilitando la actuación sobre el diseño de elementos ruidosos.
- Realizar un control de la emisión de ruido de componentes y del producto terminado.

Para poder cumplir estos objetivos, la necesidad fundamental que se plantea es obtener información cualitativa y cuantitativa, objetiva y de calidad, sobre el ruido emitido. La información cuantitativa debe permitir conocer cuanto ruido produce una lavadora, expresándolo en términos de la "Potencia Sonora", lo que posibilita una comparación rápida y simple entre dos máquinas. La información cualitativa debe permitir distinguir entre dos máquinas que

produzcan ruidos con la misma potencia sonora.

Una vez comprobada que la necesidad primaria es la obtención de información (información que necesariamente deberá obtenerse a través de algún tipo de medida), habrá que determinar qué y cómo se mide, es decir, habrá que definir cuales son las técnicas y cadenas de medida utilizadas para valorar los niveles de ruido de las lavadoras.

Con este propósito se debe proceder al estudio de la normativa nacional e internacional relativa a métodos y técnicas de medida de ruido, analizando con detalle aquellos documentos que tengan su aplicación específica en el ruido emitido por electrodomésticos y en particular por lavadoras, y cuyos requerimientos habrán de ser cumplidos por los procesos de toma de medidas.

2. NORMAS Y RECOMENDACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES

Para asegurar la calidad y uniformidad de las medidas tanto cuanto sea posible, las especificaciones del equipo y los procedimientos de medida están sujetos a normas nacionales e internacionales, de distinta severidad dependiendo de su campo de aplicación.

La normativa ISO referente a métodos de medida del ruido tiene carácter general, distinguiendo sólo entre métodos de control, ingenie-

riles, y de precisión. Las normas para métodos de control son menos estrictas que las referentes a métodos de laboratorio que, al estar dedicados al ensayo de normas de ruido, o a investigación y desarrollo, necesitan usualmente mayor rigor.

El documento de aplicación más específica para la medida del ruido en lavadoras, es el proyecto de norma formulado por IEC 59 (Secretariado) 36, de Diciembre de 1975 cuyo título es el siguiente: "Determinación del ruido aéreo emitido por electrodomésticos y similares. Parte 3ª: Código de ensayo para la medida del ruido en lavadoras."

Este documento resulta ser la 3ª parte específica del proyecto de norma IEC 59 (Secretariado) 34, de Diciembre de 1975 cuya parte primera es de aplicación general para todo tipo de electrodomésticos, y tiene por título: "Determinación del ruido aéreo emitido por electrodomésticos y similares. Parte 1ª. Requerimientos generales y líneas de actuación."

Una versión posterior de la norma IEC 59 (Secretariado) 36, es el proyecto de norma IEC 59 (Oficina Central) 11, de Abril de 1980: "Código de ensayo para la determinación del ruido aéreo emitido por aparatos electrodomésticos y similares. Parte 1ª. Reglas generales", que coincide casi plenamente con la norma francesa NF S 31-090 de Junio de 1983 (IEC 704-1) del mismo título.

Ambos documentos se refieren en cuanto a la caracterización de los lugares de medida a las normas ISO

3740, 3741, 3742, 3743 (1976), 3744 (1981), 3745 y 3746 (1979), con las que coinciden en lo esencial en cuanto a métodos de medida, definición de magnitudes, cálculos, etc.

Todas las normas se refieren a la medida de la potencia sonora a través del nivel de presión sonora, es decir, a través de la medida de la presión sonora en diversos puntos alrededor del aparato que se pretende ensayar.

Otra forma de determinar la potencia sonora es a través de la medida de la intensidad sonora. La normativa referente a la utilización de estos métodos se encuentra aún en fase temprana de desarrollo. Puede citarse la norma ISO 9614, que está en fase de primer borrador.

Para el análisis frecuencial de ruidos no existe ninguna normativa específica, siendo la única referencia a este tipo de análisis, la utilización de los métodos de determinación de la potencia sonora en bandas de octava o de tercio de octava que se contempla en ISO.

Otros documentos de interés son:

- Directriz de la C.E.E. (1 de Diciembre de 1986) relativa al ruido aéreo emitido por aparatos electrodomésticos.
- Directriz VDI 3737 hoja 5 (Agosto de 1981) "Índices de emisión de fuentes de sonido técnicas. Aparatos eléctricos para uso doméstico. Lavadoras".

Además pueden resultar interesantes las siguientes normas:

- * Referentes a la precisión de los equipos de medida de sonido: UNE 123 (1961), UNE 179 (1973), UNE 225 (1966), UNE 268-4 (1972), UNE 21323, UNE 21324, UNE 74002-78, IEC 651, IEC 123, IEC 179, IEC 225, NF 31-009, NF C 97-010, BS 3489, BS 3539, BS 3045, BS 2475, BS 3383, BS 4197.
- * Referentes a la sonoridad: ISO 226 (1961), UNE 74010 (1976).
- * Referentes a métodos de medida: ISO 3740-3746, NF 31-090 (ya citadas), BS 4196.

- * Citadas en la directriz de la C.E.E. de 1 de Diciembre de 1986: ISO 7574, CENELEC HD 423.

3. PARAMETROS DE VALORACION DEL RUIDO EMITIDO POR LAVADORAS

Las medidas de ruido en lavadoras constituyen una poderosa herramienta de diagnóstico en los programas de control y reducción de ruido, ya que aportan los datos imprescindibles para la valoración del mismo y proporcionan un medio objetivo de comparar sonidos molestos bajo diferentes condiciones.

El parámetro que se utiliza a la hora de valorar las distintas fuentes sonoras no es el conocido nivel de presión sonora medido con un micrófono, ya que esta magnitud depende de la distancia a la fuente y del ambiente acústico (o campo sonoro) en el cual están presentes las ondas sonoras. Esto a su vez, depende del tamaño del recinto de medida, y de la absorción de las paredes. Por tanto, midiendo presión sonora, no se puede cuantificar cuanto ruido hace una máquina.

La potencia sonora, definida como la energía acústica que una fuente entrega al medio por unidad de tiempo, constituye la magnitud preferida para comparar y evaluar las emisiones sonoras de las fuentes, ya que este parámetro es independiente del ambiente y, a diferencia de la presión sonora, no depende de factores no relacionados con la fuente en sí.

La potencia sonora puede expresarse en función de la frecuencia (potencia en bandas de octava), o bien en banda ancha, en ambos casos con o sin ponderación. El nivel de potencia sonora en banda ancha con ponderación A (L_{WA}), constituye la información que se debe facilitar al público en el caso concreto de electrodomésticos.

Existen dos métodos de medida fundamentales que permiten determinar la potencia sonora emitida por una lavadora:

- Medidas de Presión Sonora en condiciones de campo libre o

en condiciones de campo reverberante.

- Medidas de Intensidad Sonora en cualquier tipo de campo sonoro.

4. MEDIDA DE LA PRESION SONORA

Las valoraciones clásicas de potencia sonora a partir de medidas de presión implican un control más o menos riguroso, dependiendo del grado de precisión deseado y del lugar donde se vayan a realizar. A este respecto cabe referirse a la normativa expuesta en el apartado anterior.

En el caso de medidas de presión sonora es interesante centrarse primordialmente en las condiciones de campo libre, ya que este tipo de campo es el que permite obtener la mayor cantidad de información.

Para condiciones de campo difuso (cámaras reverberantes), baste decir que, en condiciones estacionarias, la energía entregada por la fuente ha de ser igual a la absorbida por el recinto, y de ahí se calcula la potencia sonora. Bajo cualquier otra condición, en este tipo de recintos, no se puede determinar la potencia sonora de un emisor.

En el caso de un campo sonoro libre, como el que se da en una cámara totalmente anecoica, la teoría da relaciones exactas entre presión e intensidad sonora, a una determinada distancia de la fuente. Así pues, se puede conocer la intensidad sonora en un punto (potencia sonora irradiada por metro cuadrado de área normal a la dirección de propagación del sonido en ese punto), a partir de la medida de la presión sonora mediante un micrófono en ese mismo punto.

Por tanto, sin más que describir una superficie de medida que rodee a la fuente, midiendo sobre ella valores puntuales de presión sonora, se determina un conjunto de valores de intensidad sobre dicha superficie. Calculando el promedio de estos se obtendrá el valor de la intensidad media que atraviesa la superficie.

La potencia acústica en condiciones de campo libre es, sim-

plemente, el producto de la intensidad media que atraviesa perpendicularmente una superficie cerrada que rodee a la fuente, por esa misma superficie, estimándose esta intensidad media a partir de medidas puntuales de presión sonora.

Trasladando estos conceptos a niveles sonoros expresados en dB, el cálculo de la potencia sonora en condiciones de campo libre, se hace muy sencillo a partir de:

$$L_W = L_{I,media} + 10 \lg A$$

con $L_{I,media} = LP_{I,media}$ por ser campo libre, y donde A representa el valor en m^2 de la superficie de medida que rodea a la fuente.

Este procedimiento, constituye una simple descripción conceptual, para la determinación de la potencia sonora emitida por una fuente a partir de medidas de presión y en condiciones de campo libre. Sin embargo, dependiendo de las características de la cámara acústica que se utilice para la medida de valores de presión sonora, es la norma correspondiente la que dictamina cual es el procedimiento específico que debe seguirse, así como las operaciones que deben realizarse.

5. MEDIDA DE LA INTENSIDAD SONORA

La determinación de la potencia sonora a partir de medidas de presión, en condiciones de campo libre se fundamenta en el hecho de que los niveles de intensidad sonora están relacionados directamente con los niveles de presión. Una vez conocidos los niveles de intensidad, sea cual sea el campo sonoro, el cálculo de la potencia sonora es inmediato, ya que la intensidad sonora es una magnitud vectorial que indica la potencia sonora radiada en un punto por unidad de área, y por tanto ambas magnitudes, potencia e intensidad, están relacionadas directamente en cualquier tipo de campo sonoro.

La aparición en el mercado de "SONDAS DE INTENSIDAD" para la medida directa de la intensidad sonora, mediante la técnica de dos mi-

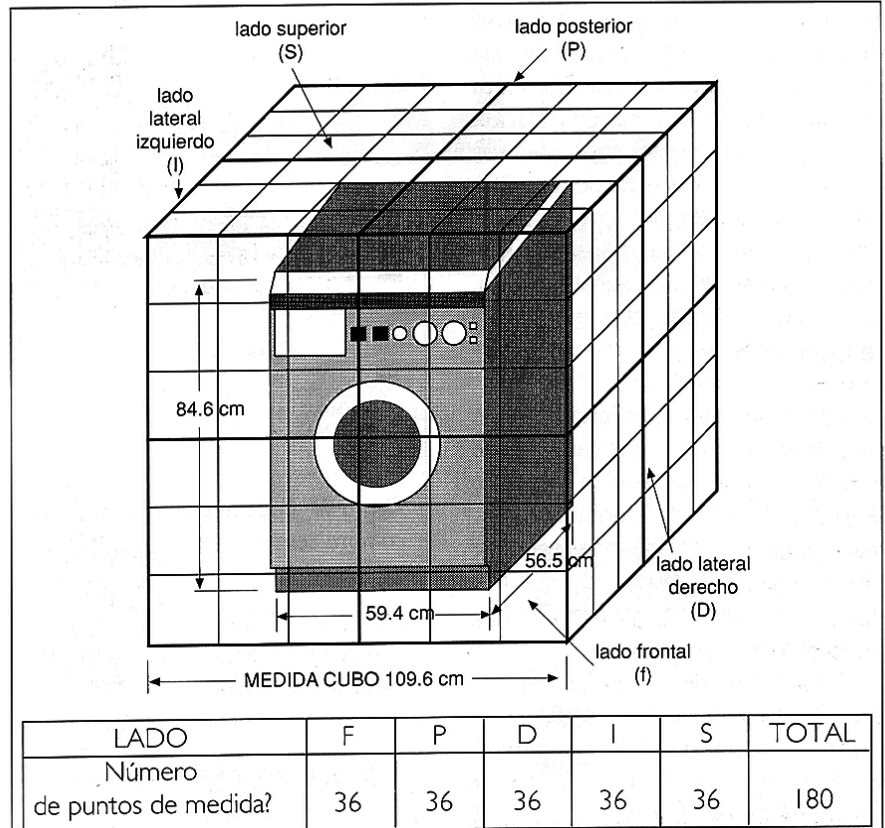


Figura 1. Superficie de medida para la determinación de la potencia sonora emitida por una lavadora a partir de medidas de intensidad

crófonos apareados, permite ahorrarnos un paso en la determinación de la potencia sonora (el que nos indica la intensidad a partir de la presión). Si se considera una superficie cerrada en cuyo interior se encuentra la fuente sonora, como es una lavadora, y con una sonda medimos la intensidad sonora que atraviesa dicha superficie, resulta:

$$POTENCIA = INTENSIDAD \times SUPERFICIE$$

independientemente del lugar donde se efectúa la medida, de la distancia de la fuente a la superficie de medida, y del ruido de fondo.

La superficie que se defina alrededor de la fuente sonora puede ser de cualquier forma y tamaño, a condición de que englobe solamente a la fuente bajo estudio, sin llegar a encerrar a otras fuentes o sumideros absorbentes de sonido. De esta forma, toda la energía emitida por la fuente fluye a través de dicha superficie. Se asume que el suelo refleja toda la potencia sonora, no siendo necesario incluirlo en la superficie de

medida. La superficie, en teoría, puede estar a cualquier distancia de la fuente y puesto que la intensidad aporta una medida de dirección de flujo de energía acústica, esta se mide en una dirección normal (a 90°) de la superficie de medida específica a través de la cual fluye la energía sonora.

La superficie de medida en forma de caja presenta como ventajas el hecho de que es muy fácil de determinar, y que al estar formada por superficies planas, permite calcular las potencias sonoras parciales que atraviesan cada cara, para luego sumarlas y obtener la potencia total. Sin embargo, la superficie que se recomienda para obtener el valor de la potencia sonora emitida por una fuente, a partir de medidas de intensidad sonora, es la semiesfera, definida con menos puntos de medida.

6. CADENAS Y EQUIPOS DE MEDIDA

Existe un gran número de aparatos para la medida del ruido, debido tanto a la diversidad de información

que se necesita, como a la variedad de condiciones bajo las que hay que medir. Sin embargo, una característica común a toda la instrumentación existente actualmente para medidas acústicas, es que necesita de un transductor constituido por uno o varios micrófonos, los cuales transforman la presión sonora en una señal eléctrica, cuyas características son medidas y analizadas por el instrumento o dispositivo electrónico.

La intensidad y la potencia sonora se determinan siempre a partir de las medidas de presión. A este respecto, la sonda de intensidad sonora, en realidad está midiendo presiones sonoras, ya que ésta se compone de dos micrófonos enfrentados; y un micrófono siempre mide la presión sonora.

En la figura 2 se muestra una cadena básica para medida y registro de la presión sonora en una cámara semianecoica adaptada a la normativa ISO 3744. La cadena de medida de la intensidad sonora es mucho más sencilla puesto que consta de una sonda y un analizador. La sonda de intensidad contiene un par de micrófonos situados cara a cara, ajustados en fase y amplitud, que permiten determinar el gradiente de presión sonora del campo de medida. La separación entre ellos viene determinada por espaciadores de plástico sólido, y su elección depende del margen de frecuencia a cubrir.

Las señales medidas por la sonda son introducidas en el analizador de intensidad, el cual dispone de dos canales de entrada y calcula la intensidad sonora como el promedio temporal de la presión sonora, multiplicada por la velocidad de las partículas (en realidad, la velocidad de las partículas se calcula a partir de la medida del gradiente de presión). Este sistema

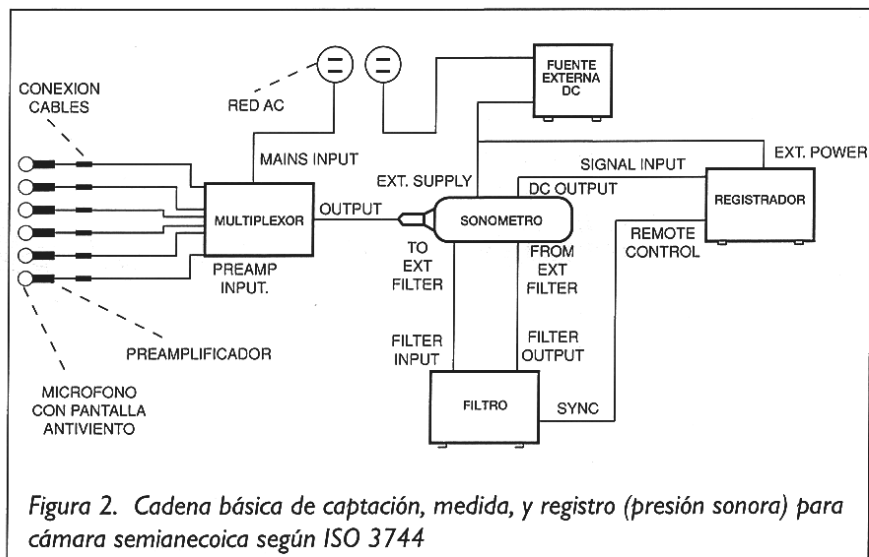


Figura 2. Cadena básica de captación, medida, y registro (presión sonora) para cámara semianecoica según ISO 3744

mide la intensidad sonora a lo largo del eje de la sonda, y por tanto indica la dirección de flujo de energía sonora.

7. CONCLUSIONES

El diseño de una metodología de medición de ruido a partir de medidas de presión sonora se debe concretar con la realización de manuales de uso de la instrumentación correspondiente para los distintos ensayos que se realicen (historia del ruido durante el programa completo de lavado, determinación de la potencia sonora emitida en diferentes secuencias del programa, espectro frecuencial para diferentes secuencias del programa y análisis espectrales para cuantificación de picos de ruido), todos ellos basados en la normativa existente. Con ello se pretende constituir un manual autónomo donde no sea necesario consultar otros textos para completar una prueba de ruido a una lavadora.

En cuanto al segundo de los métodos de medida, destacar que por

las propias características direccionales de la intensidad sonora, este tipo de medidas resulta especialmente adecuado para la identificación de fuentes sonoras mediante la realización de mapas de ruido, siendo esta la principal aplicación que se lleva a cabo con el equipo de intensidad. Con la realización de estos mapas de intensidad, al contrario que con las medidas de presión, no se trata de obtener un valor numérico para cuantificar los niveles de ruido (fundamentalmente por ser una técnica que no dispone de normativa), sino más bien de llevar a cabo un análisis cualitativo para detectar las zonas de mayor emisión sonora, posibilitando en consecuencia la determinación aproximada de los elementos que constituyen las principales fuentes de ruido en una lavadora.

Igualmente se deberá describir la secuencia de operaciones necesaria para la calibración del equipo de intensidad, y confeccionar manuales de uso para obtener una metodología de medición a partir de medidas de intensidad sonora.