Obtención de un factor geométrico que aproxime los espectros de potencia obtenidos por intensidad y por presión

Albert Marín[1], Antonio Sanchis[1], Joaquín Egea[2], Ana-Paula Bernardes[3]
[1] Universidad Politécnica de Valencia,
[2] Álava Ingenieros,
[3] Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN)

PAC: 43.58 Fm

Resumen

Uno de los aspectos más complejos a la hora de realizar una modelización del campo acústico en ambientes exteriores, es la determinación de la potencia acústica de las fuentes que intervienen. En muchas ocasiones, es preciso obtener este dato a partir de medidas in situ. Para ello existen dos normas, la UNE-EN ISO 3744, que permite hacerlo mediante medidas de Presión, y la UNE-EN ISO 9614, en sus 3 partes, que lo hace mediante medidas de Intensidad. El problema es que los resultados obtenidos de la aplicación de una u otra norma no son iguales.

El objetivo de este artículo, es establecer un procedimiento que, mediante consideraciones geométricas, permita obtener un factor que acerque estos resultados.

La fuente de ruido sobre la que se ha aplicado este estudio, es un aspirador industrial propiedad de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN), del que se ha calculado su espectro de potencia acústica mediante las dos normas, comprobándose su diferencia, y obteniéndose un factor geométrico que prácticamente los iguala.

Abstract

The determination of the sound power levels of the sources is one of the most complex aspects when an outdoor acoustic field wants to be modelled. Often, it is necessary to collect these data from in situ measurements. For this purpose, two standards exist: UNE-EN ISO 3744 obtains the sound power levels using sound pressure measurements and UNE-EN ISO 9614, in its 3 parts, by the use of sound intensity measurements. The matter of consideration is that the results obtained by the two methods of measurements proposed by the standards, are not equal.

The aim of this paper is to develop a procedure, by geometric considerations, for obtaining a factor that approaches both results.

This study has been applied to a noise source, an industrial vacuum cleaner property of the European Organization for Nuclear Research (CERN), to calculate the sound power spectrum using these two standards. Then, the differences have been verified and a geometric factor, that practically makes equal both spectra, has been obtained.

1. Introducción

Vivimos en una sociedad en que la exigencia por parte del ciudadano de una adecuada calidad de vida, está presente, cada vez más, en muchas de las decisiones económicas y sociales que se toman. Y uno de los aspectos que en los últimos tiempos está ganando mayor protagonismo en este tema, es el de contar con ambientes saludables y confortables donde desarrollar nuestras vidas, tanto laboral, como familiar o de ocio, y no cabe duda que uno de los factores más importantes que contribuyen a ello es conseguir niveles de ruido "aceptables".

Todo ello conlleva la necesidad, cada vez más frecuente, de elaborar Informes de Impacto Ambiental Acústico de instalaciones industriales, bien sea antes de su puesta en servicio, bien sea de aquellas que deben reformarse para adecuarse a las nuevas exigencias ambientales. En todo caso, esto implica una modelización del campo acústico generado por la instalación.

Es bien sabido que existen en el mercado numerosos paquetes informáticos que realizan esta función, pero todos ellos precisan que los datos de partida sean precisos, y, en concreto los del comportamiento de las fuentes de ruido. Este conocimiento no siempre está disponible en las características de la máquina, bien porque no se le ha efectuado los ensayos adecuados, bien porque el montaje va a diferir sensiblemente de aquel en el que fue ensayada. En estos casos, la mejor alternativa suele ser la medida in situ sobre la propia máquina, o una similar, en funcionamiento, aplicando la normativa existente, que no siempre se ajusta a las exigencias de montaje.

2. Normativa

La determinación de los niveles de potencia acústica emitidos por las fuentes de ruido en campo libre, se puede realizar mediante medidas de presión o de intensidad, estando reguladas por las normas UNE-EN ISO 3744 las de presión sonora, y la UNE-EN ISO 9614 las de intensidad sonora, dividida ésta en tres partes, la primera dedicada a la medida en puntos discretos, y la segunda y la tercera al método de medición por barrido.

Veamos seguidamente un resumen de la aplicación de ambas normas para puntos discretos.

La norma 3744, tras los primeros capítulos generales de Objeto, Definiciones, etc, entra en el Entorno Acústico, donde encontramos las primeras dificultades, puesto que para poder calificar la aptitud del entorno de medida, si se trata de campo abierto, es preciso sustituir la fuente de ensayo por una normalizada, que no siempre es posible.

Posteriormente, tras un capítulo dedicado a la instrumentación y otro a la instalación y funcionamiento de la fuente bajo ensayo, entra en el capítulo 7, que trata de las medidas y, más específicamente de la superficie y puntos de medida.

El primer paso en este procedimiento es la elección de la superficie de medida, que puede ser una semiesfera, o parte de ella, si las distancias de medida son grandes por unas condiciones acústicas favorables, o un paralelepípedo rectangular, en caso contrario. Elegido el tipo de superficie, el siguiente paso es la determinación de su tamaño, así como las posiciones del micrófono, que se realiza de conformidad con los Anexos B o C.

Una vez obtenidas las medidas, el capítulo 8 trata sobre su tratamiento para el cálculo del nivel de potencia acústica. El primer paso es la determinación del nivel de presión acústica promediado sobre la superficie de medida, tanto del nivel medido en funcionamiento como el nivel de fondo, mediante la fórmula:

$$\overline{L} = 10.\log\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} 10^{L_i/10}\right) \qquad (1)$$

Posteriormente, se calculan las correcciones por ruido de fondo, K_1, mediante:

$$K_1 = -10\log\left(1-10^{-\Delta L/10}\right) \qquad (2)$$

donde ΔL es la diferencia entre ambos niveles promedios, y por entorno de ensayo, K_2, del que hablamos antes, según el anexo A. Con ambos factores se determina el nivel de presión acústica superficial $\overline{L_{pf}}$ al restarlos al nivel promedio medido.

Finalmente, el nivel de potencia acústica se calcula mediante la ecuación:

$$L_{Wf} = \overline{L_{pf}} + 10.\log\frac{S}{S_O} \qquad (3)$$

siendo S_0=1 m^2, y S el área de la superficie de medida, en metros cuadrados.

Por otra parte, la aplicación de la norma ISO 9614- 1 es algo más compleja. El primer paso es la determinación del "Índice de presión-intensidad residual",δ_{plo} , diferencia entre

el nivel de presión y el nivel de intensidad que se mide cuando la sonda se coloca en un campo de intensidad nula, conseguido mediante el calibrador. La diferencia entre este índice y el "Factor de error de desviación", K, obtenido según en grado de precisión requerido, de la Tabla 1, nos proporciona el "Índice de capacidad dinámica", L_d.

A partir de aquí, el proceso viene resumido en el punto 8.2 y esquematizado en la Fig B1. Se comienza eligiendo la superficie de medida que puede ser: paralelepípedo, semiesfera, cilindro o semicilindro.

A continuación se elige un punto de medida sobre la superficie para calcular el indicador F_1, de variabilidad temporal, que se define por la ecuación:

$$F_1 = \frac{1}{\overline{I_n}} \cdot \sqrt{\frac{1}{M-1} \cdot \sum_{k=1}^{M} \left(I_{nk} - \overline{I_n}\right)^2} \qquad (4)$$

siendo I_{nk} cada una de las medidas de intensidad obtenidas en las M muestras, y $\overline{I_n}$ su media; y que deberá ser menor de 0'6.

A continuación se obtiene para cada punto los niveles de Presión y de Intensidad, y con sus valores medios, los siguientes indicadores, definidos, junto al F_1, en el anexo A:

Indicador de presión-intensidad en la superficie, que debe ser menor que el L_d:

$$F_2 = \overline{L_p} - \overline{L_{|I_n|}} < L_d \qquad (5)$$

Indicador de potencia parcial negativa, que debe ser menor de 3dB por encima del anterior:

$$F_3 = \overline{L_p} - \overline{L_{I_n}} \qquad F_3 - F_2 \leq 3dB \qquad (6)$$

donde los niveles de intensidad normal medios se calculan teniendo en cuenta el signo de la intensidad normal y no en valor absoluto como ocurre en (5).

Y, por último, el indicador de no uniformidad de campo, que sirve para saber si el número de puntos de medida es suficiente, siempre que supere al cuadrado de este indicador por el denominado "Factor C", obtenido para cada frecuencia, según el grado de precisión deseado, de la Tabla B.2:

$$F_4 = \frac{1}{\overline{I_n}} \cdot \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(I_{ni} - \overline{I_n}\right)^2} \qquad N > C\,F_4^2 \qquad (7)$$

Tanto en el esquema de la Fig B1, como en la Tabla B3, se indican los procedimientos a seguir en el caso que el valor de estos indicadores no cumplan las restricciones impuestas.

El último paso es el cálculo del nivel de potencia de la fuente de ruido. Para ello se multiplica la intensidad normal medida en cada punto, por la superficie asignada al mismo, y se suman todas las potencias así obtenidas, de forma que el nivel de potencia en cada banda de octava se obtiene a partir de la ecuación:

$$L_{WI\,f} = 10\log\left(\sum_i S_i 10^{L_{i\,f}/10}\right) \qquad (8)$$

3. Planteamiento del problema

Las fuentes de ruido, cuando se encuentran ya instaladas en el proceso industrial, no suelen cumplir las especificaciones de entorno que marcan las normas, encontrándose por ejemplo casos como los siguientes:

- Fuentes que se rodean de material absorbente para disminuir su impacto. La presencia de esta absorción no supone un problema respecto al nivel emitido, pues podemos asumir que forma parte de la fuente emisora, pero sí lo es si se encuentra en un entorno ruidoso, pues parte de la energía sonora que "entra" en la superficie de medida, no "sale", disminuyendo así la potencia obtenida mediante mediciones de Intensidad Acústica.

- Fuentes situadas en entornos ruidosos. Esto en principio no debe ser un problema si en el interior de la superficie de medida no existe una absorción significativa y se realizan medidas de Intensidad, pero sí lo es si se utiliza la Presión.

- Fuentes que no pueden trasladarse ni pararse. Estos son dos procedimientos que permiten obtener la influencia de la absorción interna de la superficie de medida, y la del ruido de fondo, pero en pocas ocasiones es posible.

La aplicación por tanto de la normativa al cálculo de la potencia acústica de una fuente instalada, no suele ser sencilla; y más aún, la aplicación a una misma fuente de las dos normativas, de Presión y de Intensidad, no suele dar los mismos resultados.

El estudio que aquí presentamos, forma parte de otro más extenso, constitutivo de una tesis doctoral, que aborda esta problemática, intentando diseñar un procedimiento para la obtención de la potencia acústica de una fuente situada en un entorno real. En concreto, éste pretende obtener un factor que relacione los resultados obtenidos de una misma fuente mediante Presión e Intensidad.

Para ello, calcularemos la potencia acústica de una fuente, aplicando sobre ella las dos normativas existentes, y posteriormente, buscaremos, mediante análisis geométrico, un factor que aproxime los resultados obtenidos por ambas.

4. Medidas experimentales

4.1 Fuente

Como objeto de ensayo, se buscó una fuente de ruido que se pudiese colocar fácilmente en unas condiciones óptimas para la aplicación de las normas indicadas, es decir, que fuera pequeña y fácil de transportar; de suficiente potencia acústica; con un régimen constante, sin picos ni ciclos significativos; y lo más omnidireccional posible; eligiéndose un aspirador industrial, utilizado normalmente por el cuerpo de bomberos del CERN.

Para la realización de las medidas, la fuente se colocó en un entorno que cumpliera lo más posible las exigencias de las normas: sobre un suelo plano y rígido de cemento, suficientemente alejado de cualquier superficie reflectante y en un ambiente sonoro sin ruido de fondo apreciable.

Colocada en su lugar, el primer paso para la aplicación de las normas es el definir la superficie de referencia. Aunque para la geometría y emisión de la fuente, la superficie más adecuada parece ser la cilíndrica, ésta no está contemplada en la norma de Presión, por lo que no podemos escogerla. La siguiente más adecuada sería la semiesférica, que sí está contemplada en ambas normas; no obstante, como se ha indicado, éste es un estudio que forma parte de otro mayor, que se aplica a una fuente de geometría claramente paralelepipédica, por lo que será ésta la figura elegida. Así, el paralelepípedo de referencia, queda con unas dimensiones de 0’4 x 0’4 x 0’3 m, y que, junto a la fotografía del aspirador, se representa en la Figura 1.

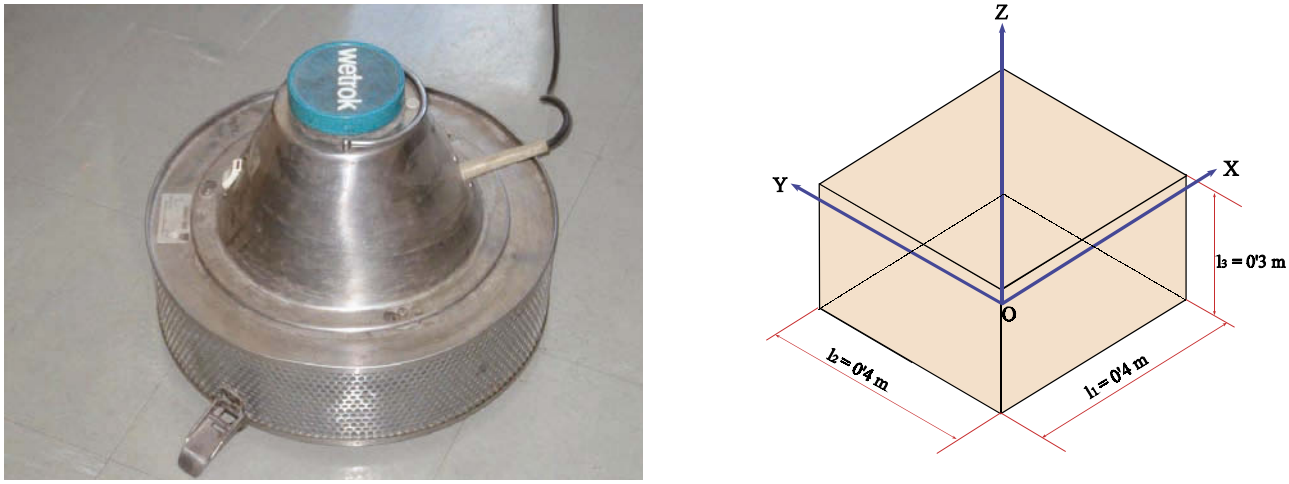


Figura 1: Vista del aspirador industrial y dimensiones de su paralelepípedo de referencia

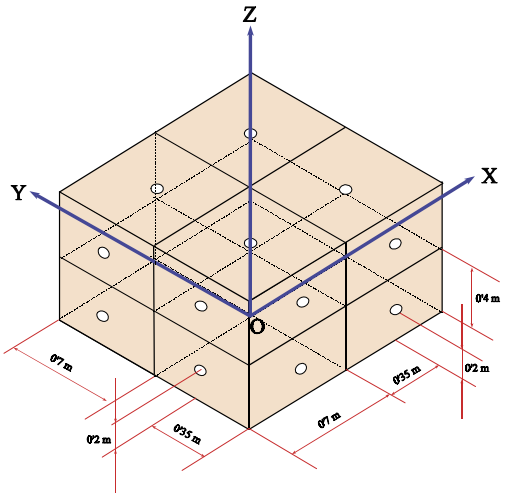


Figura 2: Dimensiones de la superficie de medida y de sus divisiones

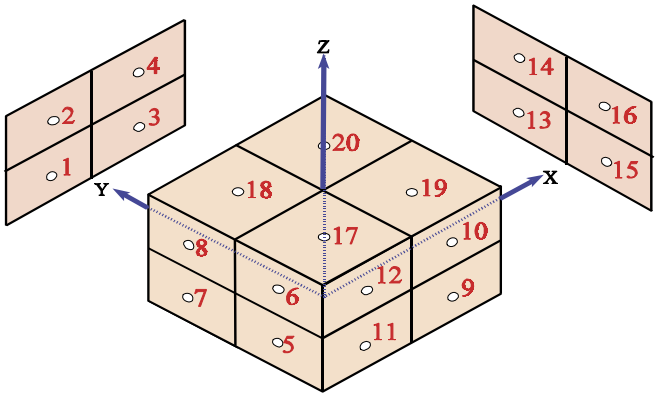


Figura 3: Distribución de los 20 puntos de medición en la superficie de medida

Con ello, la superficie de medida quedó con unas dimensiones de 1'4 x 1'4 x 0'8 m, dando un total de 20 puntos de medida, cuya distribución puede verse en las Figuras 2 y 3, y asignando una superficie de 0'28 m^2 a los 16 puntos laterales y de 0'49 m^2 a los 4 superiores.

4.2 Resultados y Cálculo de los Indicadores

El primer cálculo a realizar es el del indicador de variabilidad temporal. Para ello, de los 20 puntos de medida, se eligió el número 2, en el que se realizaron 10 mediciones de tiempo corto, 15 s, que dieron un valor de F_1 muy inferior al 0'6 límite.

A continuación se pasó a realizar las medidas de Intensidad Acústica tal como indica la norma: situando la sonda en el centro de cada superficie, perpendicular a ella y hacia el interior. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos, en cada uno de los 20 puntos de medida y para cada uno de los tercios de octava centrados entre 125 y 10000 Hz,. La última columna representa el Nivel de Intensidad Medio de los 20 puntos, obtenido mediante la ecuación (1), con $N=20$.

Los resultados de Presión Acústica se obtuvieron de los proporcionados por la sonda de Intensidad en las medidas anteriores. Con la misma estructura de la tabla anterior, la Tabla 2 muestra estos resultados, de forma que la última columna es el Nivel de Presión Medio obtenido de la misma manera que la anterior.

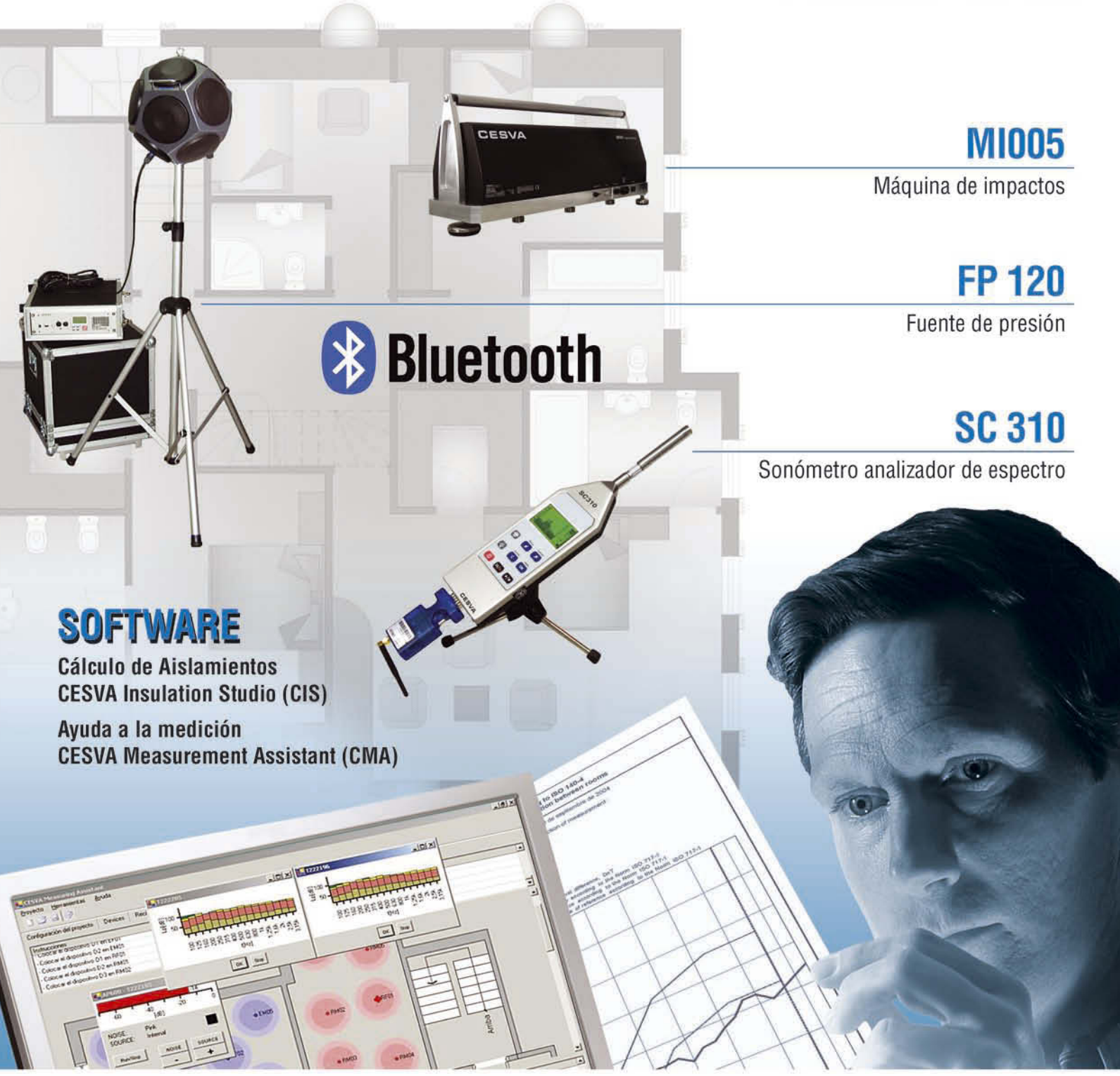
Hz	PUNTOS DE MEDIDA																				$\overline{L}_I$
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
125	49.7	47.3	49.9	47.3	50.1	48.7	49.6	41.3	49.8	47.0	47.7	46.8	50.8	47.3	50.2	47.2	48.9	47.5	47.7	47.0	48,5
160	60.4	57.3	58.0	55.4	61.1	58.2	61.7	57.9	55.8	53.0	59.7	56.4	55.4	53.4	54.7	51.9	59.1	58.5	54.6	54.9	57,7
200	80.3	77.4	76.7	74.7	81.0	77.9	81.9	78.1	73.3	70.4	79.6	76.2	71.9	71.4	70.3	68.2	78.9	78.5	72.9	73.9	77,2
250	64.6	61.5	63.7	60.7	64.9	61.6	65.3	61.9	62.8	60.0	64.5	61.2	62.7	60.2	62.8	60.0	63.7	63.1	62.0	62.0	62,8
315	66.0	62.6	66.2	62.8	65.6	63.2	65.3	62.5	65.4	63.2	66.0	62.5	65.9	63.5	65.7	62.8	65.8	64.9	65.7	64.7	64,7
400	69.4	66.0	72.9	68.7	69.4	67.1	70.7	66.8	73.8	68.8	72.4	67.8	71.8	70.1	74.0	69.7	71.7	70.0	72.2	72.7	70,9
500	71.9	67.6	71.9	67.9	72.0	68.1	71.7	68.2	71.2	68.3	71.5	67.8	72.0	68.8	71.9	68.4	72.3	71.3	72.2	70.9	70,6
630	72.2	68.7	74.0	70.4	74.9	70.1	72.9	68.1	71.8	68.5	73.6	70.0	75.0	71.5	73.4	69.6	73.0	70.6	72.4	73.4	72,2
800	71.8	67.5	71.6	67.7	71.2	67.3	71.6	66.5	71.2	67.9	71.3	67.4	71.8	67.5	72.3	67.2	71.0	69.0	71.4	69.3	70,1
1k	74.9	68.0	75.0	67.8	73.5	69.7	74.3	69.5	74.3	68.9	74.7	70.2	74.1	68.7	74.4	68.3	71.8	70.1	71.0	71.2	72,2
1.25k	84.0	76.7	84.0	75.8	81.5	73.8	83.6	77.6	84.0	76.9	84.1	75.8	83.8	76.4	84.2	77.6	78.2	77.8	77.9	81.1	81,1
1.6k	74.1	64.0	73.1	64.2	73.6	62.7	73.1	64.3	72.4	62.4	72.7	62.7	72.7	63.7	72.8	62.6	66.0	65.0	64.9	66.3	69,9
2k	74.8	64.4	72.9	64.8	74.5	65.5	73.9	66.0	73.1	65.2	72.8	63.9	72.8	65.8	72.7	64.2	66.6	67.2	66.4	67.5	70,5
2.5k	73.0	64.0	70.8	65.6	73.2	66.3	72.4	65.1	73.7	66.0	71.7	66.2	71.3	66.1	72.5	65.7	67.9	66.5	67.2	67.3	69,8
3.15k	68.6	65.8	69.7	64.8	69.2	65.4	69.7	65.2	69.4	65.9	68.1	64.7	70.4	65.6	70.5	65.7	66.3	63.5	65.1	67.2	67,6
4k	66.2	62.2	68.2	61.1	66.5	62.0	69.4	62.6	68.7	61.7	68.4	60.8	69.5	62.4	69.9	62.2	64.1	62.5	63.2	62.8	65,9
5k	67.3	61.1	66.8	61.4	68.4	63.0	67.7	62.6	66.2	61.1	67.3	62.0	67.5	61.7	68.2	62.5	63.9	63.4	63.2	62.6	65,2
6.3k	65.9	62.2	65.2	63.0	65.5	63.8	66.6	64.3	65.5	63.9	64.2	63.2	66.1	63.0	66.6	63.6	63.5	62.9	61.1	61.9	64,4
8k	64.8	61.2	65.6	60.6	65.0	61.3	66.1	61.3	65.1	60.4	64.1	60.4	66.3	59.9	66.0	61.1	60.0	58.7	58.0	58.3	63,1
10k	62.9	56.2	61.4	55.6	62.5	56.0	61.7	55.9	60.7	54.6	59.3	55.9	61.6	55.8	61.4	55.3	57.1	56.0	55.0	55.7	59,0

Tabla 1: Resultados obtenidos en las medidas de Intensidad

CESVA

GIP, global insulation package

www.cesva.com



MI005

Máquina de impactos

FP 120

Fuente de presión

SC 310

Sonómetro analizador de espectro

SOFTWARE

Cálculo de Aislamientos
CESVA Insulation Studio (CIS)

Ayuda a la medición
CESVA Measurement Assistant (CMA)

CESVA *instruments, s.l.*

Villar, 20 - 08041 Barcelona - Tel. 934 335 240 - Fax. 933 479 310 - e-mail: info@cesva.com

CESVA

instrumentación acústica

- Micrófonos y preamplificadores
- Sonómetros integradores
- Sonómetros integradores analizadores hasta tercio de octava
- Dosímetros
- Fuente de presión acústica
- Máquina de impactos
- Todo cuanto precise en instrumentación acústica

CESVA *instruments, s.l.*

Villar, 20 - 08041 Barcelona
Tel. 934 335 240 - Fax. 933 479 310
e-mail: info@cesva.com

www.cesva.com

Hz	PUNTOS DE MEDIDA																				$\overline{L}_p$
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
125	53.1	51.0	51.8	50.2	53.3	53.3	52.8	51.6	51.8	50.8	53.4	51.1	52.6	49.6	52.1	49.5	54.2	51.5	50.1	49.8	51,9
160	61.3	59.1	59.1	57.5	61.9	60.1	63.1	60.4	56.6	54.6	61.2	59.2	56.2	55.2	55.6	53.8	60.0	59.7	55.2	57.1	59,1
200	80.8	79.0	77.8	76.7	81.7	79.4	83.3	80.3	73.6	71.4	81.1	79.0	72.4	72.9	70.4	69.4	79.3	79.7	73.2	76.4	78,5
250	65.7	63.6	64.7	63.1	66.1	63.5	66.6	64.3	64.2	62.1	65.7	63.9	64.0	62.3	63.7	62.2	64.7	64.1	63.0	63.5	64,2
315	67.2	65.7	66.9	65.0	66.6	66.0	66.1	65.0	66.4	66.0	66.9	64.8	66.9	66.2	66.6	64.8	66.7	65.5	66.5	65.8	66,1
400	70.5	68.5	74.2	71.5	70.5	69.4	72.0	69.6	75.1	71.1	73.6	71.1	72.9	72.4	75.3	72.6	72.1	70.5	72.8	73.8	72,4
500	73.2	70.4	72.9	70.5	73.3	70.6	72.6	71.1	72.4	70.9	72.7	70.5	73.1	71.5	72.8	70.7	72.9	72.0	72.9	71.9	72,1
630	73.3	71.4	74.7	73.2	75.9	72.4	74.1	71.1	72.9	70.7	74.4	72.4	76.2	73.7	74.4	72.1	73.6	71.3	73.0	74.5	73,5
800	72.9	70.2	72.6	70.0	72.3	69.5	72.7	69.6	72.4	70.4	72.4	70.1	72.8	69.8	73.3	69.8	71.6	69.8	72.1	70.4	71,5
1k	75.9	70.7	75.8	70.3	74.6	72.0	75.3	72.2	75.3	71.4	75.6	72.5	75.2	70.8	75.2	70.9	72.3	70.9	71.8	72.4	73,5
1.25k	84.9	79.4	84.6	78.9	82.3	75.9	84.5	81.3	85.1	79.4	84.8	78.8	85.0	78.1	84.8	80.6	78.1	78.2	78.3	81.9	82,2
1.6k	75.0	67.0	73.7	66.5	74.5	66.0	73.8	66.7	73.5	65.6	73.3	65.0	73.7	66.4	73.4	64.7	66.5	65.7	65.8	67.4	70,9
2k	75.4	67.0	73.4	67.1	75.1	67.9	74.7	68.3	73.7	67.6	73.4	66.2	73.5	68.0	73.4	66.3	66.6	67.7	66.8	68.2	71,4
2.5k	73.5	66.2	71.8	67.7	73.7	68.3	73.4	67.4	74.1	68.0	72.5	68.6	72.1	68.1	73.5	67.9	68.2	67.2	67.7	68.3	70,7
3.15k	70.0	68.4	70.9	67.5	70.6	67.6	71.1	68.0	70.8	68.2	69.5	67.4	71.9	68.1	71.8	68.3	67.0	64.2	66.0	68.3	69,2
4k	67.5	65.8	69.0	64.1	67.5	65.4	70.2	65.7	69.9	65.0	69.1	63.8	70.8	65.7	70.7	65.0	64.0	62.8	63.6	63.7	67,3
5k	67.8	63.8	67.7	63.4	69.0	65.0	68.8	64.8	66.8	63.1	68.2	64.1	68.0	63.8	69.2	64.5	64.5	64.2	63.8	63.7	66,2
6.3k	67.6	65.7	65.8	66.5	67.2	67.2	67.2	67.8	67.0	67.4	64.7	66.5	67.8	66.6	67.2	66.7	63.3	63.1	61.7	62.8	66,3
8k	65.5	64.7	66.2	62.8	65.4	64.6	66.8	63.7	65.7	63.5	64.7	62.5	66.8	63.2	66.5	63.0	59.6	58.6	58.1	58.8	64,2
10k	62.9	58.9	61.0	57.7	62.4	58.7	61.5	58.3	61.2	57.2	59.1	58.1	62.0	58.5	60.9	57.1	55.5	55.1	54.1	55.6	59,5

Tabla 2: Resultados obtenidos en las medidas de Presión

Elegido el Grado 1 de Precisión, el factor de error de desviación, K, queda establecido en 10; que restado de la Intensidad Residual obtenida en el calibrador, nos proporciona el índice de capacidad dinámica, L_d. Por otro lado, con los Niveles Medios calculados, se obtuvo el indicador de presión-intensidad en la superficie, F_2, cuyo resultado puede verse en la Figura 4, y donde se observa que queda claramente por debajo del índice de capacidad dinámica.

Puesto que todas las medidas de Intensidad son positivas, el Indicador de potencia parcial negativa, F_3, tiene el mismo valor que F_2, con lo que la diferencia entre ambos es nula, cumpliendo el criterio de ser menor de 3 dB

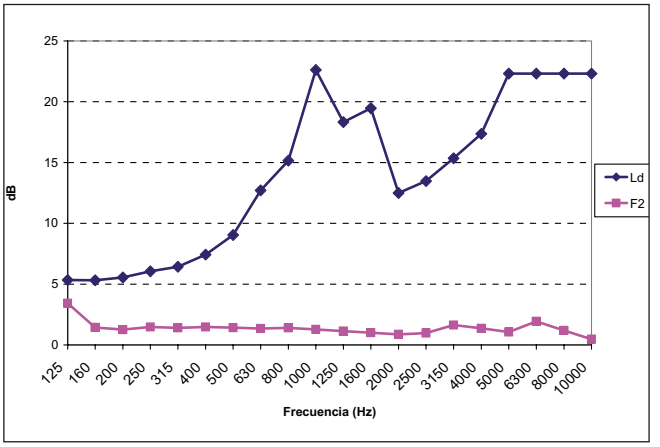


Figura 4: Indicador Presión-Intensidad e Índice Capacidad Dinámica

	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k
F4	0,043	0,050	0,055	0,026	0,022	0,034	0,027	0,030	0,030	0,038
C F4^2	0,036	0,047	0,089	0,020	0,014	0,034	0,021	0,026	0,051	0,081

	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k
F4	0,047	0,074	0,063	0,050	0,033	0,052	0,043	0,025	0,047	0,053
C F4^2	0,127	0,313	0,227	0,140	0,064	0,156	0,105	0,012	0,042	0,054

Tabla 3: Indicador de no uniformidad

Por último, la Tabla 3 muestra los valores obtenidos del indicador de no uniformidad de campo, así como el producto de su cuadrado por el Factor C, obtenido para cada frecuencia, y el Grado 1 de Precisión. En ella se ve que el valor máximo de este producto, 0'313, queda muy por debajo del 20, lo que indica que el número de puntos establecido es suficiente.

5. Cálculo de las potencias

5.1 A partir de las medidas de Intensidad

Los niveles obtenidos de Intensidad en cada punto y frecuencia, L_{if}, se multiplicaron por la superficie asignada a cada punto, S_i. La suma de estos productos nos proporcionó la potencia total emitida para cada frecuencia, según la ecuación (8).

La Tabla 4 muestra estos resultados, junto con el nivel global, suma de todas las frecuencias, que queda establecido en 92'75 dB.

5.2 A partir de las medidas de Presión

Como se ha explicado anteriormente, la norma 3744 indica que el cálculo de la Potencia se realiza a partir de las Presión Media y la Superficie Total de medida, siguiendo la ecuación (3). No obstante, con el fin de poder comparar los resultados con los obtenidos por Intensidad, el cálculo de la Potencia lo realizamos ponderando cada medida de presión por la superficie asignada a ese punto, es decir, siguiendo la misma ecuación (8) que en Intensidad.

La Tabla 5 muestra estos resultados, viéndose que el nivel global queda establecido en 93'92 dB.

125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k
56,48	65,70	85,25	70,84	72,89	79,10	78,88	80,29	78,17	80,20	88,94

1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k		Global
77,62	78,27	77,61	75,46	73,71	73,07	72,26	70,79	66,82		92,75

Tabla 4: Niveles de Potencia por Intensidad

125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k
59,96	67,10	86,47	72,26	74,21	80,45	80,20	81,57	79,49	81,42	90,02

1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k		Global
78,60	79,09	78,55	77,03	75,00	74,09	74,07	71,91	67,20		93,92

Tabla 5: Niveles de Potencia por Presión

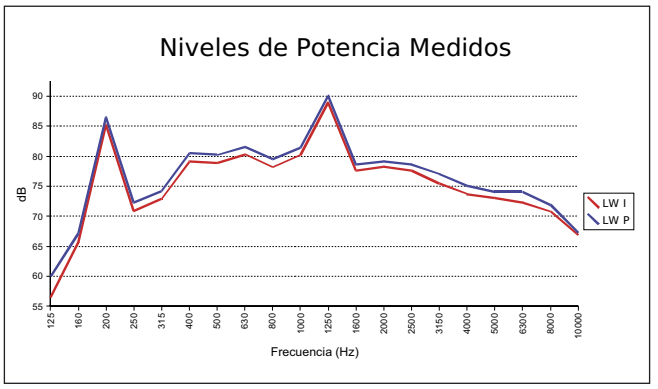


Figura 5: Resultados obtenidos para la Potencia de la fuente

5.3 Comparación

La Figura 5 representa los resultados de Potencia obtenidos por Intensidad y por Presión, viéndose que ésta queda, para todas las frecuencias, por encima de aquélla.

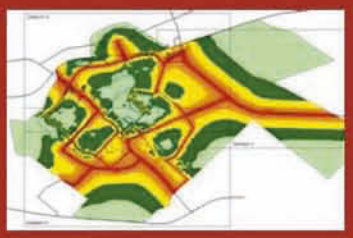
6. Propuestas de solución

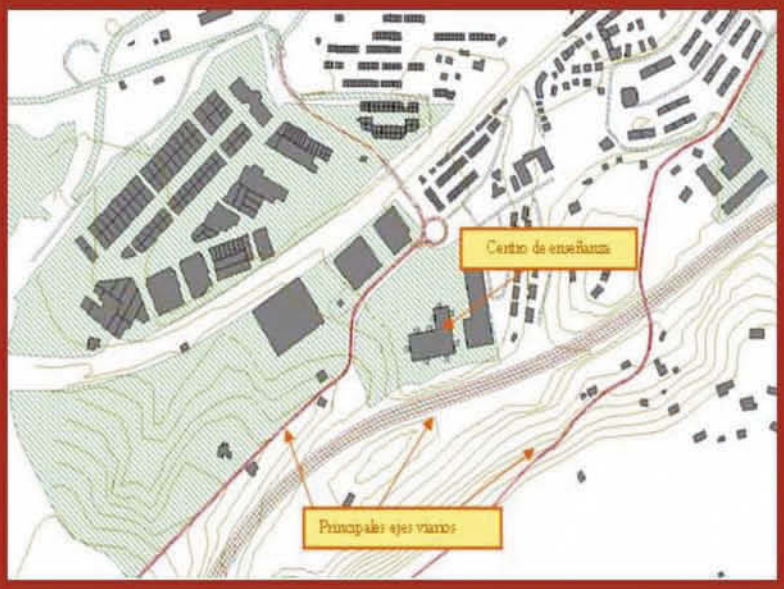
El factor fundamental que a nuestro juicio influye en esta diferencia de valores, radica en la naturaleza misma de las medidas de presión y de intensidad. Así, mientras que la medida de intensidad nos proporciona el flujo de potencia que sale de la superficie perpendicularmente a ella, la de presión nos da el flujo total; por tanto, al multiplicar estos valores por la superficie de medida, la potencia obtenida mediante la presión se ve sobrevalorada. La diferencia de valores entre uno y otro método estará por tanto ligado al coseno del ángulo que forma en cada punto, el flujo de potencia y la perpendicular a la superficie. Este ángulo, sin embargo no es conocido, pues la Intensidad Acústica fue medida sólo en una dirección, y no en las tres que sería necesario, por lo que habrá que estimarlo para aproximar el resultado de la presión al de la intensidad. Esta estimación la realizamos mediante el método geométrico de las Imágenes.

	Coordenadas			cosθ		cosθ medio
	x	Y	z	F	F'	
P 1	-0.35	0.70	0.20	0.893	0.816	0.855
P 2	-0.35	0.70	0.60	0.775	0.646	0.711
P 3	0.35	0.70	0.20	0.893	0.816	0.855
P 4	0.35	0.70	0.60	0.775	0.646	0.711
P 5	-0.70	-0.35	0.20	0.893	0.816	0.855
P 6	-0.70	-0.35	0.60	0.775	0.646	0.711
P 7	-0.70	0.35	0.20	0.893	0.816	0.855
P 8	-0.70	0.35	0.60	0.775	0.646	0.711
P 9	0.35	-0.70	0.20	0.893	0.816	0.855
P 10	0.35	-0.70	0.60	0.775	0.646	0.711
P 11	-0.35	-0.70	0.20	0.893	0.816	0.855
P 12	-0.35	-0.70	0.60	0.775	0.646	0.711
P 13	0.70	0.35	0.20	0.893	0.816	0.855
P 14	0.70	0.35	0.60	0.775	0.646	0.711
P 15	0.70	-0.35	0.20	0.893	0.816	0.855
P 16	0.70	-0.35	0.60	0.775	0.646	0.711
P 17	-0.35	-0.35	0.80	0.796	0.887	0.841
P 18	-0.35	0.35	0.80	0.796	0.887	0.841
P 19	0.35	-0.35	0.80	0.796	0.887	0.841
P 20	0.35	0.35	0.80	0.796	0.887	0.841

Tabla 6: Datos de la simulación geométrica

ACUSTINET





Más de 50 expertos, y 25 años de experiencia acumulada, para asistirle en temas de Acústica, y ruido ambiental

Acústica ambiental
Mapas de ruidos
Políticas de gestión de ruidos
Planes de acción
Acústica arquitectónica
Vibraciones

AcustiNet pone a su servicio a los técnicos de modelación acústica más calificados del mercado, y a expertos con experiencia directa en regulación, e investigación acústica en la Unión Europea, incluyendo estudios referentes a mapas estratégicos de ruidos.

Barcelona T +34 93 406 9061

email: info@acustinet.com

www. acustinet.com

Para aplicar este método, se supuso una fuente puntual, F, en el centro de la fuente real, es decir, en su eje de simetría y a 0'15 m del suelo, y otra, F', que representa la reflexión en el suelo, situada en ese mismo eje y a 0'15 m por debajo del suelo.

El Sistema de Referencia, como se muestra en la Figura 3, se situó de forma que su centro quedara en el punto donde el eje de simetría intersecta al suelo, orientando el eje OZ hacia arriba y el OY hacia la cara que contiene los puntos 1,2,3 y 4. Así las coordenadas de las fuentes quedaron: F(0,0,0'15), y F'(0,0,-0'15).

6.1 Alternativa 1

La primera corrección que se intentó fue en base a los cosenos de los ángulos que formaban los rayos que le llegaban a cada punto procedentes de las dos fuentes, con la perpendicular a la cara correspondiente del paralelepípedo; pero como no es posible saber la contribución de cada fuente a la medida de presión obtenida en cada punto, no se puede utilizar cada uno de estos cosenos por separado, de forma que se utilizó su valor medio.

La Tabla 6 muestra las coordenadas de los 20 puntos de medida, y en las columnas F y F', el coseno del ángulo que forma la recta que une cada fuente con cada punto, y la perpendicular a la superficie de medida en ese punto. La última columna representa el valor medio de los dos cosenos anteriores.

A continuación, la potencia obtenida en cada punto para cada tercio de octava, se multiplicó por el coseno medio calculado para dicho punto. Sumando todos los puntos, obtuvimos el nivel de potencia corregido 1 para cada frecuencia, según:

$$L_{WP\,f1} = 10\log\left(\sum_i S_i 10^{L_{Pi\,f}/10}\cos\theta_i\right) \qquad (9)$$

125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k
59,04	66,18	85,56	71,35	73,28	79,56	79,30	80,68	78,60	80,56	89,18

1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k		Global
77,82	78,29	77,72	76,13	74,14	73,23	73,05	70,97	66,30		93,05

Tabla 7: Niveles de Potencia 1

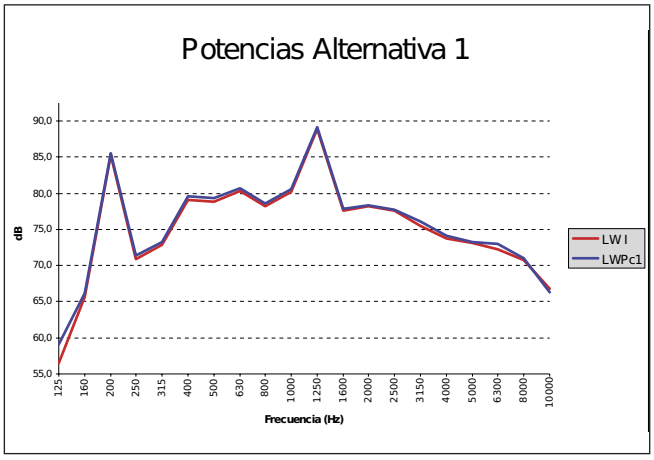


Figura 6: Comparación entre niveles de Potencia por Presión calculada con alternativa 1 y por Intensidad

Estos niveles se muestran en la Tabla 7, donde también se muestra el nivel global, que queda establecido en 93'05 dB, y la Figura 6 los compara con los obtenidos mediante Intensidad.

6.2 Alternativa 2

Por último, con el fin de minimizar los cálculos necesarios, se probó corregir todas las potencias obtenidas por presión en cada punto, con un mismo factor, media de todos los cosenos calculados para las dos fuentes, y que tiene un valor de 0'7943. Es decir, aplicando la ecuación:

$$L_{WP\,f1} = 10\log\left(\cos\bar{\theta}\sum_i S_i 10^{L_{Pi\,f}/10}\right) \qquad (10)$$

La Tabla 8 muestra estos niveles para cada tercio de octava, así como el nivel global, que queda establecido en 92'92 dB, y la Figura 7 los compara con los obtenidos mediante Intensidad.

125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k
58,96	66,10	85,47	71,26	73,21	79,45	79,20	80,57	78,49	80,42	89,02

1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k		Global
77,60	78,09	77,55	76,03	74,00	73,09	73,07	70,91	66,20		92,92

Tabla 8: Niveles de Potencia 2

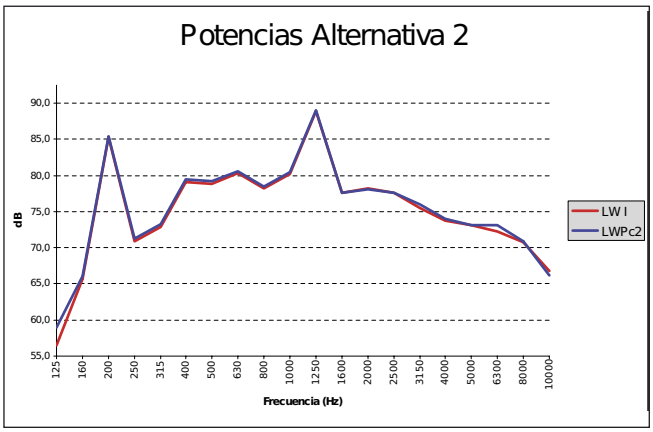


Figura 7: Comparación entre niveles de Potencia por Presión calculada con alternativa 2 y por Intensidad

6.3 Resumen

La Figura 8 representa los niveles globales de Potencia obtenidos de los diferentes cálculos: por Intensidad, por Presión, y mediante las Alternativas 1 y 2.

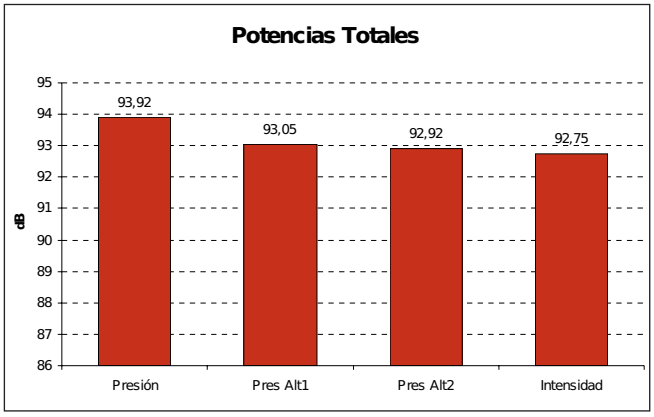


Figura 8: Comparación entre los distintos niveles de Potencia Globales

7 Conclusiones

Vistos los resultados, podemos concluir lo siguiente:

- La Alternativa de corrección 2 sobre las medidas de presión, da un mejor ajuste con los resultados de Intensidad, no sólo a nivel global sino también por frecuencias, donde ambas curvas quedan prácticamente solapadas.

- El que la Alternativa 1 dé unos valores por encima de los de Intensidad, indica que el vector Intensidad tiene un ángulo de inclinación respecto la perpendicular a la superficie de medida, mayor de lo que representa la modelización con las 2 Fuentes. Este hecho es bastante común en las máquinas industriales, donde los puntos productores de ruido se encuentran por lo general alejados de lo que podría ser su eje.

- La Alternativa 2, al utilizar un factor común para todos los puntos y ambas fuentes, penaliza las medidas de presión provenientes de la fuente directa, mayores que las de la reflejada, dando así un nivel menor y un mejor ajuste que la Alternativa 1.

- Pese a que, como se ha dicho, la modelización con 2 Fuentes no se ajusta a la realidad de emisión, se ha visto que éste puede ser un método sencillo y eficaz para obtener un factor de corrección sobre las medidas de presión, para ajustarse con más exactitud a la potencia emitida.

8. Bibliografía

1. UNE-EN ISO 3744:1996. Acústica. Determinación de los niveles de potencia sonora de fuentes de ruido utilizando presión sonora. Método de ingeniería para condiciones de campo libre sobre un plano reflectante. (ISO 3744:1994). 17-05-1996

2. UNE-EN ISO 9614-1. Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica emitidos por las fuentes de ruido por intensidad de sonido. Parte 1: Medida en puntos discretos. (ISO 9614-1:1993). Diciembre-1995

Vibcon

Vibroacústica, control y aislamiento, S.L.

Buenas Vibraciones

VIBCON diseña, proyecta, fabrica... para usted

Mediciones vibroacústicas

Mediciones de vibraciones y ruido.
Mediciones "in situ" del aislamiento al ruido aéreo entre locales y fachadas.

Solución de problemas

Aislamiento de vibraciones de maquinaria e instalaciones en edificios.
Cálculo y selección de montaje antivibratorio.

Fabricación propia

Fabricación y suministro de antivibraciones y materiales para aislamiento de ruido estructural.
Bancadas flotantes.

Abat Marcet, 41-43
08173 Sant Cugat del Vallès (Barcelona)
Tel. 902 19 55 12 Fax. 93 675 58 90
vibcon@vibcon.net
www.vibcon.net