

Aplicación de las metodologías para la evaluación y control del ruido en el ámbito empresarial

Desarrollo

En este artículo se presentan un conjunto de resultados que han sido obtenidos en la aplicación de las metodologías de evaluación y control del ruido en diferentes situaciones. Estas soluciones han contribuido de manera eficaz al desarrollo de los sistemas productivos y por encima de todo, a la mejora de las condiciones de seguridad, salud y bienestar del hombre.

1. Empresa del Cítrico de Jagüey Grande

En la empresa del Cítrico de Jagüey Grande se realizó un diagnóstico de los Niveles de Presión sonora que son emitido por los compresores con que cuenta la empresa, la misma tiene 5 compresores, de ellos 2 son de un tipo, cuya característica fundamental es que el ventilador que posee esta de frente a la calle, lo que provoca un mayor nivel de presión sonora en esa dirección, los otros tres compresores su ventilador tiene el caudal hacia arriba.

En el momento de realizar el estudio, se encontraban funcionando dos compresores, uno de cada tipo, se procedió a realizar las mediciones utilizando para ello un decibelímetro y midiendo en varios puntos para poder determinar el nivel de presión sonora que es emitido cada uno de los compresores y por suma de niveles es decir, suponiendo el funcionamiento de todos a la vez, determinar el nivel que es emitido por todos, compararlo con la norma y poder llegar a conclusiones sobre el tema.

Los resultados de la medición del nivel de presión sonora se muestran a continuación, además se realizó un croquis para representar los puntos donde fueron tomadas las mediciones.

Resultados del diagnostico de los niveles de Presión Sonora

En la tabla 1 se presentan los niveles de presión sonora que fueron tomados con el instrumento y que se corresponde con los puntos que se muestran en el croquis.

Tabla 1. Niveles de Presión Sonora en cada uno de los puntos medidos.

Fuente: elaboración propia

Punto	Lugar	Valor 1	Ltotal	Ltotal
1	Compresor A	92	100,9	107,83
2	Compresor A	95		
3	Compresor A	95		
1	Compresor A	92	100,9	
2	Compresor A	95		
3	Compresor A	95		
4	Compresor B	85	91	101,98
5	Compresor B	85		
6	Compresor B	85		
4	Compresor B	85	91	
5	Compresor B	85		
6	Compresor B	85		
4	Compresor B	85	91	
5	Compresor B	85		
6	Compresor B	85		
7	Delante Cerca	72	85,9	85,9
8	Delante Cerca	75		
9	Delante Cerca	75		
10	Delante Cerca	73		
11	Delante Cerca	72		
12	Delante Cerca	70		
13	Dentro de las Casa	66	85,5	85,5
14	Dentro de las Casa	75		
15	Dentro de las Casa	75		
16	Dentro de las Casa	75		
17	Dentro de las Casa	73		
18	Dentro de las Casa	70		
19	Dentro de las Casa	73	85,5	85,5
20	Detrás de la Casa	72		
21	Detrás de la Casa	72		
22	Detrás de la Casa	69		
23	Detrás de la Casa	70		
21	Detrás de la Casa	72		
22	Detrás de la Casa	69		
23	Detrás de la Casa	70	85,5	

Análisis de cada uno de los valores obtenidos

En las tablas 2 (a y b) se muestran los resultados obtenidos, cuando funcionen todos los compresores de la empresa en el mismo momento.

Tabla 2.a. Resultados obtenidos cuando funcionen todos los compresores A.

Fuente: elaboración propia

Valor del Nivel de presión sonora cuando funcionen todos los compresores

75	72	3	1,8	76,8										
75	75	0	3	78	1,2	2,9	80,9							
75	73	2	2,9	77,9	0,1	2,5	80,5	0,4	2,5	83,4				
73	72	1	2,5	75,5	2,4	1,8	79,7							
72	70	2	2,9	74,9	0,6	2,5	78	1,7	2,9	82,6	0,8	2,5	85,9	

Valor del NPS delante de la cerca
Ltotal = 85,9 dB

Tabla 4. Análisis de los valores dentro de la casa

Fuente: elaboración propia

Análisis de los valores dentro de la casa														
		Ltotal (db) =				Ltotal (db) =				Ltotal (db) =				
L1	L2	L1-	ΔL	L1 +	L1-	ΔL	L1 +	ΔL	L1-	ΔL	L1 +	L1-	ΔL	Ltotal (db) =
		L2	(db)	ΔL	L2	(db)	ΔL	L2	(db)	ΔL	L2	(db)	ΔL	L1 + ΔL
75	66	9	0,6	75,6										
75	75	0	3	78	2,4	1,8	79,8							
75	75	0	3	78				0,7	2,5	83				
75	73	2	2,9	77,9	0,1	2,5	80,5							
73	70	3	1,8	74,8				2,7	1,8	82,3	0,7	2,5	85,5	
73	70	3	1,8	74,8	0	3	77,8							

Valor del NPS dentro de la cerca
Ltotal 85,5 dB

Tabla 5. Análisis de los valores detrás de la casa

Fuente: elaboración propia

Análisis de los valores detrás de la casa													
		Ltotal (db) =				Ltotal (db) =				Ltotal (db) =			
L1	L2	L1-	ΔL	L1 +	L1-	ΔL	L1 +	L1-	ΔL	L1 +	L1-	ΔL	L1 +
		L2	(db)	ΔL	L2	(db)	ΔL	L2	(db)	ΔL	L2	(db)	ΔL
72	72	0	3	75									
72	69	3	1,8	73,8	1,2	2,9	77,9						
70	69	1	2,5	72,5				1,2	2,9	80,8			
72	70	2	2,9	74,9	2,4	1,8	76,7						
72	69	3	1,8	73,8				0	3	79,7	1,1	2,9	83,7
70	69	1	2,5	72,5	1,3	2,9	76,7						

Valor del NPS detras de la cerca
Ltotal 85,5 dB

La tabla 6 presenta los valores de niveles de presión sonora finales en cada una de las áreas que fueron estudiadas.

Tabla 6. Valores de NPS en las áreas evaluadas.

Fuente: elaboración propia

Lugar de la evaluación	Valor Final NPS
Compresor A (2)	107,83
Compresor B (3)	101,98
Delante Cerca	85,9
Dentro de las Casa	85,5
Detrás de la Casa	85,5

Análisis de los valores de NPS con los Niveles Máximo Admitidos en la NC 19-01

La norma cubana plantea que el nivel de presión sonora máximo admitido es de 85 decibeles (A), lo que es emitido por los compresores es superior a esto.

Es válido destacar que el valor medido en los puntos es solo con el funcionamiento de los dos compresores, por lo que este valor es superior cuando se pongan en funcionamiento todos los equipos.

Es por ello que se deben tomar medidas para que el ruido que es producido por estos equipos no afecte a las personas que conviven en estas casas.

Recomendaciones para la eliminación del Ruido

A continuación se presenta la propuesta de solución que fue realizada a la empresa del cítrico, con vistas a solucionar el problema que se provoca en la población por los altos niveles de presión sonora y en la propia empresa, para sus trabajadores.

1. Una de las recomendaciones para eliminar estos niveles de presión sonora es la siembra delante de los compresores de árboles, los mismos deben tener las siguientes características:

- Deben ser árboles grandes
- Deben tener la mayor cantidad de hojas posibles
- Deben estar lo más cercano uno del otro.

Estas características de los árboles van a permitir que los mismos actúen como una gran muralla y va a atenuar en gran medida el nivel de presión sonora que es emitido por los compresores.

2. Se recomienda construir una pared a una distancia de 2.5 m del lugar donde se encuentran los compresores para permitir la salida el escape de aire que se necesitan por los compresores. La pared debe tener una longitud de 28 m de largo por 3 metros de alto. En su parte superior debe llevar una estructura en forma de media luna, semicircular, cóncava (vista desde la parte de los compresores), de un metro de radio. El material de construcción de este muro debe ser lo más sólida posible.

3. Se recomienda sustituir el techo de zinc por otro material, ya que este provoca más vibraciones provocando la existencia de más ruido.

2. Combinado de Productos Lácteos de Matanzas

El trabajo fue desarrollado en el Combinado de Productos Lácteos de la ciudad de Matanzas, específicamente en el área de llenado de litros de leches, donde el ambiente laboral es caracterizado por una alta exposición al ruido.

Aquí trabajan 8 obreros. El ambiente sonoro está determinado por varias fuentes de ruido, como el producido por la máquina llenadora, el golpeo de los litros unos contra otros a su paso por la estera transportadora, pero predominantemente existe un equipo cuyo nivel de presión sonora es significativamente mayor que el resto de los equipos: la bomba de vacío. Esta se encuentra ubicada a 0.10 m de una pared que divide dicha área con un almacén, construida de bloques de 0.20 m, donde habitualmente no laboran obreros. Dado estas condiciones es que se propone la construcción de una cápsula, pero con la particularidad de que es necesario dejarle aberturas para la circulación de aire y enfriamiento del motor. Estas aberturas fueron construidas en la pared de bloque existente con celosías, de forma que el ruido que escapara por ellas lo hiciera hacia el área donde no laboran los obreros y permitiera el paso del aire. El resto de sus contornos estaría delimitado por las paredes de la cápsula.

El encapsulamiento se realizó envolviendo la fuente de ruido completa. Su eficacia estuvo dada en impedir la propagación del ruido a través del aire, quedando encerrado dentro de la cápsula.

El grado de reducción viene definido por las características de los materiales de la envoltura.

Las mediciones fueron realizadas con un sonómetro polaco "Sound Level Meter", marca Sonopan, con filtro externo que permite valorar el ruido por bandas octavas.

Las mediciones realizadas en el área de llenado se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Valores de NPS obtenidos en el área.

Fuente: elaboración propia

F(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NPS (dB)	77	79	76	78	79	85	88	87.5

Según lo que muestran las mediciones, el nivel de ruido en la parte de llenado es muy elevado, afectando directamente al personal que allí labora, especialmente en las altas frecuencias a partir de 2000 Hz, siendo la de mayor interés para este estudio, cuyo Nivel Máximo Admisible de ruido es de 78 dB.

A continuación se detallan los pasos seguidos para su proyecto:

1. Determinación de la atenuación que deberá lograr la cápsula.

$$L_{requerido} = L_{existente} - L_{recomendado}$$

Lrequerido: Nivel de ruido a reducir (dB).

Lexistente: Nivel de ruido que existe (dB).

L recomendado: Nivel de ruido permitido (dB).

2. Características de la cápsula

Está construida por dos paredes de ladrillos y dos puertas de zinc galvanizado contrachapadas del tipo panel, separadas con una cámara de material inerte, que en este caso se utilizó poli-espuma.

Datos necesarios para realizar los cálculos:

Menor frecuencia de interés = 2000 Hz

NPS para esta frecuencia = 78 dB

L recomendado = 78 dB, según la tabla de la norma cubana 19-01-05

Largo de la bomba de vacío, L = 0.84 m

Ancho de la bomba de vacío, A = 0.64 m

Alto de la bomba de vacío, H = 0.90 m

Pérdidas por transmisión para las plantas de zinc contra chapadas, R = 0.52

Pérdidas por transmisión para el ladrillo común de 0.12 m de espesor, R = 0.45

Espesor del ladrillo, E1 = 0.12 m

Espesor de la plancha de zinc, E2 = 0.03 m

Coefficiente de absorción del ladrillo, $\alpha = 0.02$ sabinos/m²

Coefficiente de absorción de la plancha, $\alpha = 0.01$ sabinos/m²

3. Determinación de las dimensiones de la cápsula.

$$D = \frac{\lambda}{4}$$

$$\lambda = \frac{C}{F_{mi}}$$

Donde:

C= velocidad del sonido, 343 m/s

F_{mi}= frecuencia mínima de interés, 2000 Hz

D= distancia entre la bomba de vacío y las paredes interiores de la cápsula, m

Sustituyendo se tiene que:

$$\lambda = \frac{343}{2000}$$

$$\lambda = 0.1715m$$

Por tanto,

$$D = 0.1715/4$$

$$D = 0.0428 m$$

Dimensiones interiores de la cápsula.

$$\text{Largo} = L + 2D$$

$$\text{Largo} = 0.94 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = A + D + 0.10^*$$

$$\text{Ancho} = 0.79 \text{ m}$$

*0.10: distancia de la cápsula a la pared, m.

Nota: se suma una sola vez el valor de D, pues la otra distancia está fija, que es lo que media entre la bomba y la pared.

$$\text{Altura} = H+D$$

$$\text{Altura} = 0.95 \text{ m}$$

Dimensiones exteriores de la cápsula

$$\text{Largo} = L + 2D+2E_1$$

$$\text{Largo} = 1.18 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = A + D + 0.10+E_2$$

$$\text{Ancho} = 0.82 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = H+D+ E_2$$

$$\text{Altura} = 0.98 \text{ m}$$

El problema que se presentó es que la cápsula fue construida por dos materiales diferentes que tienen distintos valores de R (pérdidas por transmisión) y de alfa (valores de la absorción.) los cálculos fueron realizados con los valores del material que tiene menor R (ladrillo) de forma que los valores obtenidos de ruido serán menores que lo obtenidos teóricamente.

Cálculo de la atenuación que logrará

$$\Delta L_K = R - 10 \log \frac{S_c}{A_c}$$

Donde:

ΔL_K : atenuación esperada, dB.

S_c : superficie exterior de la cápsula.

A_c : superficie de absorción sonora equivalente del área limitada por la cápsula.

$$S_c=2(L_c+H_c)+2(A_c+H_c)+(L_c+A_c)$$

$$S_c = 4.88 \text{ m}^2$$

$$A_c = \alpha \cdot S_{intc}$$

Donde:

α : coeficiente de absorción (del ladrillo 0.02 sab/m²)

S_{intc}: superficie interior de la cápsula, m²

$$S_{intc} = 4.029 \text{ m}^2$$

Por lo tanto,

$$A_c = 0.08 \text{ sab}$$

Sustituyendo, se tiene que:

$$\Delta L_K = 27.2 \text{ dB}$$

Con el valor obtenido de atenuación que logró la cápsula fue igual a 27,2 dB y solo se necesitaba reducir 7 dB, concluimos que el diseño fue efectivo, es decir, que los 8 obreros que laboran en esa planta, los niveles de ruido que excedían los normados, ahora se encuentran por debajo de los límites permitidos y por tanto no están expuesto a las patologías que este riesgo impone.

3. Central Azucarero “Mario Muñoz”

En el central azucarero “Mario Muñoz” de la provincia de Matanzas, se ha realizado un estudio de ruido, donde se ha obtenido que en la válvula de seguridad de una de las calderas, existe riesgo de daño auditivo a partir de la frecuencia de 125 Hz. El nivel de presión sonora existente es de 98 dB. La temperatura del fluido es de 179 °C y el diámetro de la válvula es de 0.1016 m. Se quiere diseñar un silenciador para evitar cualquier daño en la salud de los trabajadores.

Solución:

Los datos que se me ofrecen en este problema son:

$$L = 98 \text{ dB}$$

$$f_m = 125 \text{ Hz}$$

$$T_0 = 179 \text{ }^\circ\text{C} + 273 \text{ K} = 452 \text{ K (la temperatura debe darse en K)}$$

$$D = 0.1016 \text{ m}$$

Paso 1. Evaluación del ruido.

En este caso, ya se ofrece en los datos, la frecuencia y el nivel de presión sonora existente, para el cual el ruido comienza a ser perjudicial se muestra en los datos. Teniendo en cuenta que el silenciador se construye para la frecuencia de menor interés.

Paso 2. Determinar la velocidad del sonido.

$$c = 20.05\sqrt{t}$$

Donde:

c: Velocidad del sonido, (m/s).

t: Temperatura del fluido, (K).

$$c = 20.05\sqrt{t}$$

$$c = 20.05\sqrt{452}$$

$$c = 426.268 \text{ m/s}$$

Paso 3. Determinar la longitud de onda del sonido (λ).

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde:

f: Mínima frecuencia de interés, (Hz).

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{426.268}{125}$$

$$\lambda = 3.4 \text{ m}$$

Paso 4. Determinar el número de onda.

$$K = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Donde:

k: Cantidad de compresiones y depresiones de la onda.

$$K = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$K = \frac{2(3.1416)}{3.4}$$

$$K = 1.848 \text{ m}$$

Paso 5. Determinar la longitud del silenciador (L).

$$L = \frac{\pi}{2K}$$

$$L = \frac{3.1416}{2(1.848)}$$

$$L = 0.85 \text{ m}$$

Paso 6. Determinar la sección del silenciador (S_2), (m^2).

$$S_2 = m \cdot S_1$$

Donde:

S_1 : Sección del tubo por donde escapa el fluido, (m^2).

m : Constante que se obtiene de la Figura 2.19, con las variables:

- ΔL_s : Diferencia entre el NPS real y el NPS normado para la mínima frecuencia de interés.
- $k \cdot L$: número de onda (k) multiplicado por la longitud (L).

r : radio del silenciador (m).

En este caso los valores para obtener a m son:

$$K \cdot L = 1.848 \cdot 0.85 \quad \Delta L = \text{NPS}_E - \text{NPS}_R$$

$$K \cdot L = 1.5708 \quad \Delta L = 98 - 92$$

$$\Delta L = 6 \text{ dB}$$

Por tanto, entrando en la tabla con esos valores, se obtiene que **$m = 4$** .

Paso 7. Determinar el diámetro del silenciador D (m).

Para determinar el diámetro del silenciador es necesario conocer el radio, así como las secciones que forman al mismo.

$$\begin{aligned}
 D &= 2r & r &= \sqrt{S_2/\pi^2} \\
 D &= 2(0.1015) & r &= \sqrt{0.0324/(3.1416)^2} \\
 D &= 0.203 \text{ m} & r &= 0.1015 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_2 &= m \cdot S_1 & S_1 &= \pi(r)^2 \\
 S_2 &= 4 \cdot 0.0081 & S_1 &= 3.1416(0.1015)^2 \\
 S_2 &= 0.0324 \text{ m}^2 & S_1 &= 0.0081 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Donde:

r: Radio del silenciador, (m).

Datos de los autores:

- Sergio Echevarria Hernández

Ingeniero Industrial

(Sergio.echeverria@umcc.cu)

Años de experiencia: 28

Profesor asistente

- DrC. Joaquín Aramís García Dihigo (joaquin.garcia@umcc.cu)

Ingeniero Industrial. Doctor en Ciencias Técnicas

Profesor Titular

Años de experiencia: 25

- Dra. C. Grether Lucía Real Pérez

Profesora auxiliar

Ingeniera Industrial, Máster en Gestión de la Producción y los Servicios, Doctora en Ciencias Técnicas

(gretherreal@gmail.com ó grether.real@umcc.cu)

Centro de trabajo: Profesores de la universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

Estos profesores forman parte del colectivo de Seguridad y Salud del Trabajo de la Universidad de Matanzas. Han laborado durante más de 25 años de experiencia en los temas relacionados con la protección e Higiene del trabajo, aplicando un conjunto de metodologías para la evaluación y control del ruido en el ámbito empresarial.