

# Determinación del ruido de grasa en rodamientos de elementos rodantes mediante análisis vibroacústico

Cardona J.<sup>a</sup>, Jiménez S.<sup>a</sup>, Capdevila R.<sup>a</sup>, Romeu J.<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica, LEAM. Universitat Politècnica de Catalunya.  
c/ colom, 11 Terrassa 08222  
Telf: 00 34.93.739.87.18 Fax: 00 34.93.739.80.22  
e-mail: [joan.cardona@upc.es](mailto:joan.cardona@upc.es)

**RESUMEN:** En este trabajo se estudia la contribución de la grasa lubricante de los rodamientos al ruido generado por un motor eléctrico de 3 kW utilizado en aplicaciones caracterizadas por la baja temperatura ambiente (e.g. recirculación de aire en túneles de montaña). Para ello, se realiza un análisis vibroacústico de dos tipologías de grasa caracterizadas por su capacidad de trabajo a bajas temperaturas. Se estudia la influencia de la temperatura sobre el comportamiento vibroacústico de las grasas, mediante análisis de los motores en un rango de temperaturas que va desde  $-14^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ , obteniéndose que a medida que aumenta la temperatura de los rodamientos, los niveles tanto de vibración como de presión sonora disminuyen. Finalmente, se realiza un estudio cualitativo de la calidad de las grasas.

**ABSTRACT:** The aim of this paper is to study the contribution of the ball bearings grease noise on the overall noise generated by a 3 kW electric motor used in applications where low temperatures are frequent (e.g. air recirculation in mountain tunnels). A vibroacoustic analysis on two different greases distinguished by their capacity of working at low temperatures is performed. The influence of the temperature on the grease vibroacoustic performance is studied by means of the motor analysis in a temperature range from  $-14^{\circ}\text{C}$  to  $50^{\circ}\text{C}$ . It is obtained that the sound pressure level and the vibration level decreases as the grease temperature raises. Finally, a qualitative study of both greases is carried out.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Las propiedades acústicas de las grasas utilizadas para la lubricación de los rodamientos de elementos rodantes, es un aspecto que ha ido tomando importancia para los fabricantes de rodamientos. Este hecho viene motivado tanto por la mayor concienciación de la industria manufacturera como por el avance que se ha producido en la ejecución de los elementos mecánicos que forman los rodamientos, que ha derivado en un producto menos ruidoso, por lo que la contribución de la grasa al ruido del motor se ha convertido en más evidente <sup>[1], [2]</sup>.

Aunque el ensayo de la grasa de rodamientos ha sido objeto de numerosos estudios durante los últimos años, no se ha estandarizado ningún instrumento, ensayo o protocolo al respecto. Hoy en día están en uso diferentes métodos de ensayo, particularmente en la industria productora de rodamientos, donde éstos han ido desarrollando su propia instrumentación así como sus propios métodos de ensayo <sup>[1],[3]</sup>.

En el presente estudio se analiza la contribución de la grasa de los rodamientos al ruido generado por el motor, mediante el análisis vibroacústico del mismo. Para ello se sigue lo indicado en la norma UNE-EN 60034-14, para las medias de vibraciones, y lo indicado en la norma ISO 1680, para las medidas de nivel de presión sonora, así como las recomendaciones de diferentes fabricantes de rodamientos.

## 2.- GENERACIÓN DE RUIDO EN MOTORES ELÉCTRICOS

El giro del motor eléctrico a la velocidad nominal implica la generación de ruido y vibraciones en un rango de frecuencias que comprende desde la mitad de la frecuencia nominal de giro, hasta frecuencias ultrasónicas <sup>[3]</sup>. Se diferencian las fuentes de ruido y vibraciones por su origen, que puede ser:

- Fuentes de origen magnético
- Fuentes de origen mecánico
- Fuentes de origen aerodinámico
- Fuentes de origen electrónico

En lo referente a las fuentes que provocan ruido en los rodamientos de elementos rodantes, éstas pueden ser causadas por:

- *Diseño del rodamiento*: frecuencias naturales de los elementos que forman el rodamiento, nivel de precisión, inestabilidad de los elementos o **lubricación**.
- *Precisión en la producción del rodamiento*: rugosidad, ondulación de las superficies o defectos de producción.
- *Instalación inapropiada*: contaminación, cerramiento dañado o brinelling (término usado para describir el daño sufrido en superficies sólidas debido a la repetición de impactos locales o por sobrecarga estática).
- *Relativo a la aplicación*: diseño de componentes inapropiado, imprecisión en la producción de los componentes, etc...

Las frecuencias indicativas de defecto en rodamientos de elementos rodantes, se pueden determinar mediante expresiones que tienen en cuenta su geometría, el número de elementos rodantes y el ángulo de contacto de éstos con la pista del rodamiento.

En cuanto al ruido de grasa en los rodamientos, éste se genera cuando las partículas sólidas del lubricante pasan entre la pista del rodamiento y los elementos rodantes de éstos <sup>[2]</sup>.

## 3.- LA GRASA LUBRICANTE

La grasa lubricante de los rodamientos está compuesta básicamente por tres componentes: aceite base, espesante y aditivos. Una clasificación de las grasas es la que las cataloga según su aceite base y su espesante, de forma que se tiene la siguiente clasificación:

*Tabla 1. Clasificación de las grasas lubricantes de rodamientos*

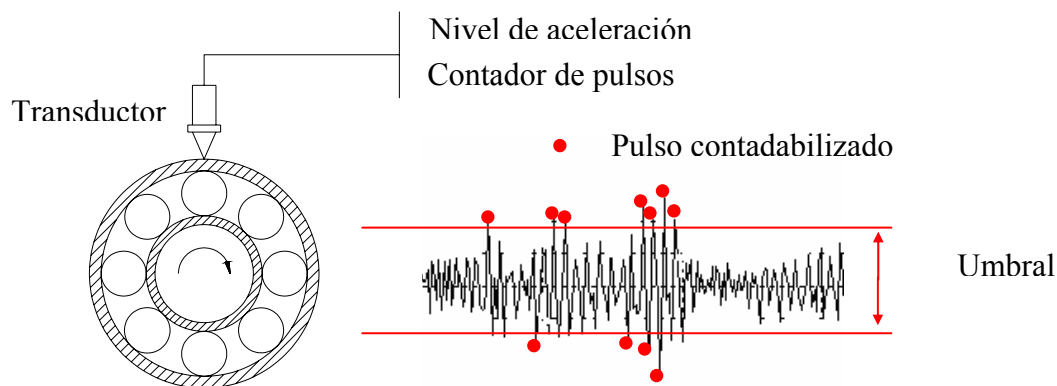
Aceite base	Mineral:	Parafina, Naftalina, Aromático
	Sintético:	Hidrocarburos sintéticos, Éters, Siliconas
Espesante	Soap:	Litio, Sodio, Aluminio, Bario, Calcio
	Non-soap:	Polyurea, Carbon negro, Microgel (arcilla)

Los espesantes de litio son considerados silenciosos, mientras que los tipo microgel y carbón negro son considerados como ruidosos, debido al tamaño de las partículas sólidas contenidas en ellos [2].

## 4.- ENSAYO DE RUIDO DE GRASA

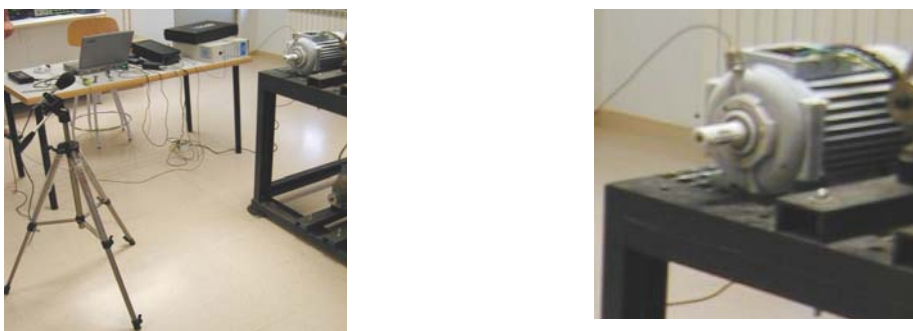
### 4.1.- Instrumentación

Para la realización de ensayos de ruido de grasa, es habitual usar una instrumentación que permita la medida del desplazamiento de la pista exterior del rodamiento en sentido radial, así como un contador de pulsos. De esta forma, se mide el nivel de vibración del rodamiento y se hace un recuento del número de pulsos que sobrepasan un valor límite, o umbral, preestablecido. Esquemáticamente, esto es lo que muestra la figura 1.



*Figura 1. Esquema de la cadena de medida.*

El montaje experimental es el que muestra la figura 2.



*Figura 2. Disposición del motor y los instrumentos de ensayo.*

### 4.2.- Metodología de ensayo

Una forma de analizar lo ruidosa que es una grasa, consiste en establecer un valor de amplitud de vibración máximo y realizar un recuento del número de pulsos que sobrepasan este valor. A mayor número de pulsos contabilizados, más ruidosa será la grasa. Así, para determinar la contribución de la grasa lubricante de los rodamientos al ruido generado por un motor

eléctrico, se ensayan dos motores de idénticas características, a excepción de la mencionada grasa lubricante de los rodamientos.

El ensayo consta de dos fases:

**Fase 1:** Análisis del comportamiento vibroacústico de los rodamientos con la temperatura, para determinar la influencia de ésta. Para ello, se procede a enfriar los motores desprovistos de ventilador en una cámara frigorífica hasta los  $-20^{\circ}\text{C}$ , para realizar registros de nivel de ruido y vibraciones a medida que aumenta la temperatura. Se realizan registros para el rango de temperaturas  $-14^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ .



*Figura 3. Cámara frigorífica utilizada para enfriar los motores (izqda), y sonda de temperatura para el control de la temperatura (drcha).*

**Fase 2:** Análisis de la señal temporal de vibración para determinar la calidad de la grasa<sup>[1], [3], [4]</sup>. Esta fase permite realizar un recuento del número de pulsos que sobrepasan un umbral preestablecido, lo que dará un nivel cualitativo de lo ruidosa que es la grasa.

Se realizan medidas de vibración y de nivel de presión sonora con el motor fijado rígidamente a una bancada y girando a la velocidad de sincronismo sin carga aplicada al eje.

Los niveles de presión sonora obtenidos son el resultado de promediar los niveles de presión sonora medidos en tres puntos diferentes alrededor de los motores ensayados.

#### **4.3.- Rodamientos analizados**

Los rodamientos sometidos a ensayo son del tipo 6206 con protección de los elementos rodantes, y de dimensiones 30 mm de diámetro interior, 62 mm de diámetro exterior y 16 mm de ancho. Las características que definen las grasas lubricantes de estos rodamientos se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2. Características de las grasas lubricantes

	Grasa tipo A		Grasa tipo B	
Base	Polyolester		Aceite de polieter perfluorado	
Espesasante	Diurea		Hidrocarburo fluorado	
Rango de temperaturas de trabajo	-40 °C a 160 °C		-40 °C a 260 °C	
Viscosidad dinámica del aceite base	40 °C	31,6	390-440	(JIS K2283)
	100 °C	5,81	35-45	(DIN 51562)

## 5.- RESULTADOS

### 5.1.- Comportamiento vibroacústico de los rodamientos con las diferentes grasas

La figura 4 muestra el nivel de vibración y el nivel de presión sonora de los motores con diferentes grasas de lubricación en los rodamientos.

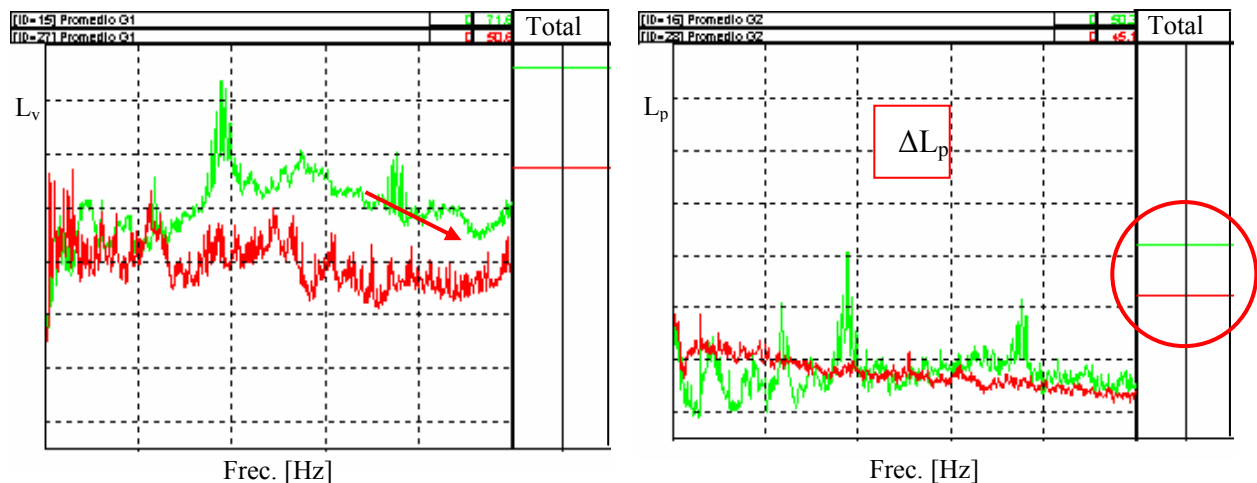


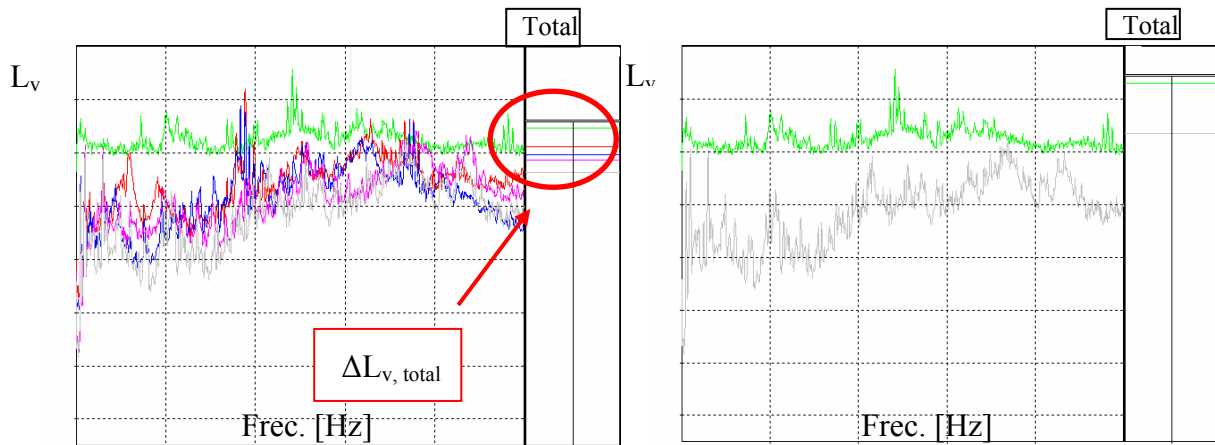
Figura 4. Nivel de vibración (izqda) y nivel de presión sonora (drcha) de los motores con diferente grasa de lubricación de los rodamientos.

En rojo se presentan los niveles del motor con grasa tipo A, mientras que en verde se presentan los niveles del motor con grasa tipo B.

Tanto el análisis de vibración como el análisis de ruido, muestran que el motor con grasa tipo B presenta unos niveles sensiblemente superiores a los que presenta el motor con grasa tipo A, del orden de un 25 %.

### 5.2.- Efecto de la temperatura

Se comprueba que la temperatura es un parámetro que influye de una forma muy significativa en el comportamiento vibroacústico del rodamiento.



*Figura 5. Evolución del nivel de vibración del rodamiento con la temperatura (izqda) y diferencia de niveles para las temperaturas extremas (drcha).*

La figura 5 muestra la evolución del nivel de vibración para diferentes temperaturas (espectro izquierda), y el espectro de vibración para las temperaturas extremas analizadas:  $-14^{\circ}\text{C}$  y  $50^{\circ}\text{C}$  (espectro derecha). Las temperaturas para las que se realizaron medidas de vibración y de nivel de presión sonora son las que se relacionan en la Tabla 3.

*Tabla 3. Relación color – temperatura de los espectros de la figura 5*

Color espectro	Verde	Rojo	Azul	Magenta	Gris
Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ]	-14	12	20	30	50

Tal como muestra la figura 5, el nivel de vibración disminuye con la temperatura. Se comprueba que esta disminución sigue una ley lineal, ajustándose a una regresión de este tipo con una  $R^2 = 0,9941$ . La figura 6 muestra la tendencia que sigue el nivel de vibración con la temperatura, así como la ecuación de la recta de regresión.

Además, se comprueba que el rango donde se hallan las frecuencias indicativas de defecto en los rodamientos, sufre una variación de la amplitud de vibración con la temperatura. Esto es:

- Al pasar de temperaturas negativas a positivas, se produce una disminución considerable de la amplitud de vibración en este rango de frecuencias.
- Para un rango de temperaturas positivas, la amplitud de vibración de esta zona se mantiene dentro de unos límites razonablemente constantes.

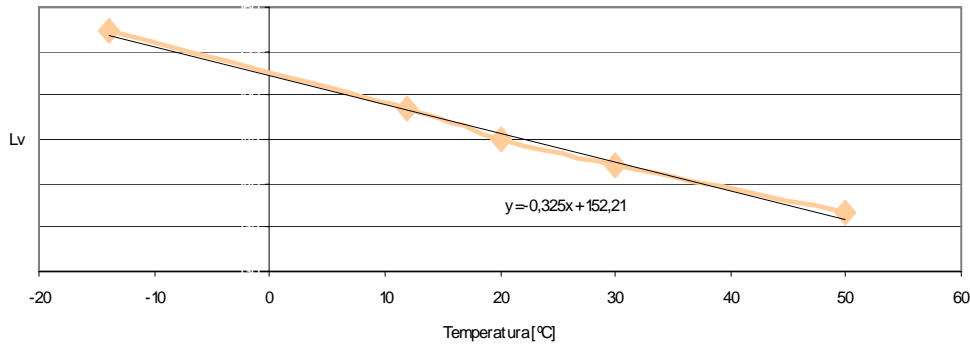


Figura 6. Tendencia del nivel de vibración con la temperatura, junto con la línea de regresión y la ecuación de la recta que la define.

### 5.3.- Calidad de la grasa

Se determina la calidad de la grasa de una forma cualitativa. Para ello se analiza la señal temporal para realizar un recuento del número de pulsos que sobrepasan un umbral preestablecido.

Las señales temporales del nivel de vibración de los motores con las grasas A y B, son las que muestra la figura 7.

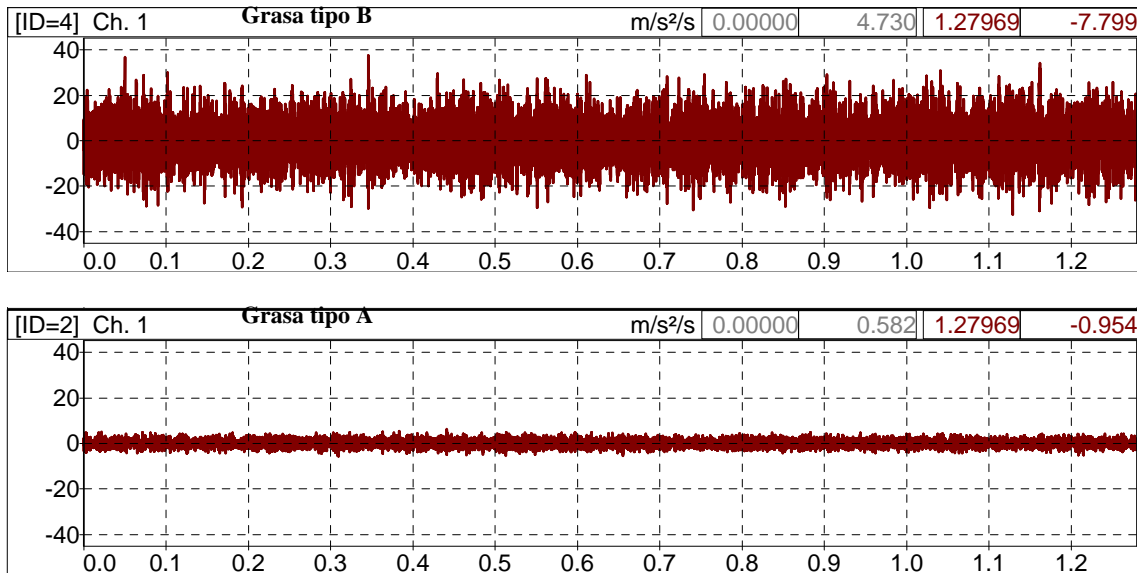


Figura 7. Señales temporales de vibración de los motores con las grasas A y B.

Siguiendo el criterio del autor Carl E. Ward<sup>[1]</sup>, se considera como grasa de bajo nivel sonoro aquella que presente un número de pulsos inferior a 600 por minuto. Sin embargo, sin necesidad de establecer ningún valor límite por sobre del cual se realice un recuento del

número de pulsos, la figura 7 muestra que la grasa tipo A es menos ruidos que la grasa tipo B, ya que se observa claramente que la amplitud de vibración es mayor.

## 6.- CONCLUSIONES

- El motor con grasa tipo B presenta unos niveles acústicos y de vibración mayores que los del motor con grasa tipo A (Fig. 4).
- La temperatura es un parámetro que influye en el comportamiento vibroacústico del motor, aún cuando se utiliza la grasa tipo B, que está diseñada para trabajar en un rango de temperaturas muy amplio.
- A medida que aumenta la temperatura del motor, disminuyen los niveles de presión sonora y de vibración de éste (Fig. 5).
- Del ensayo para la determinación de la calidad de la grasa de los rodamientos, se obtiene que el motor que lleva rodamientos con grasa tipo B presenta un índice de pulsos mayor que el obtenido para el motor que lleva rodamientos con grasa tipo A. El número de pulsos obtenidos en el ensayo, y según el criterio tomado, indican que la grasa tipo B puede considerarse ruidosa.
- El origen de estos pulsos a que hace referencia el ensayo para la determinación de la calidad de la grasa de los rodamientos, normalmente se atribuye a la presencia de partículas sólidas en la grasa, que pueden provenir del propio material espesante o haberse introducido en el rodamiento durante el proceso de fabricación.
- La grasa tipo A tiene como espesante la Diurea. Las grasas que tienen como espesante un material derivado de la urea, en términos de ruido son asimilables a las grasas con espesante de litio, consideradas como grasas poco ruidosas, hipótesis que queda corroborada.

## REFERENCIAS

- [1] Carl E. Ward, Carlos E. Littlefield, *Practical aspects of grease noise testing*, NLGI 60<sup>th</sup> Annual Meeting, 1993.
- [2] S. Witkowski. *Understanding grease noise*. NSK Corporation, Motion & Control n° 2, 1997.
- [3] Oswald Bayer, *Noise and vibration behaviour of rolling bearings*. FAG Schweinfurt, Ball and roller engineering, 1989.
- [4] H. Komiya, *Effect of contaminant in lubricant on noise of ball bearing*. NLGI Spokesman, 1992.