



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

## METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA RELACIÓN VIBROACÚSTICA DE FALLOS MECÁNICOS EN MÁQUINAS ROTATIVAS

PACS no.: 43.40.At, 43.40.Rj, 43.60.Uv

Muñoz Yi V.; Pacheco J.; Zurek E.  
Universidad del Norte  
Km5 vía Puerto Colombia  
Barranquilla (Atlántico)  
Colombia  
+57 5 3509272. Ext 4809  
vmunoz@uninorte.edu.co

**Palabras Clave:** Vibraciones no lineales, mediciones vibratorias y acústicas, vibroacústica, ruido industrial

**Keywords:** Non-linear vibrations, vibratory and acoustic measurements, vibroacoustics, industrial noise

### ABSTRACT

The reliability of the machines is the most important factor in the productivity and operation of the machines and in the diagnoses of their condition, the vibrations represent one of the most significant indicators for their review and control of their operation condition. The disturbances of the equilibrium state cause certain variations of vibrations and noise in all the components of the equipment. These vibrations advance along all mechanical elements and can induce more dangerous failures and accelerated deterioration of their parts. This methodology will allow the study of different failures presented in a rotating equipment and observe more clearly and quickly the relationship between the mechanical symptoms, the vibratory and acoustic signals of the machine. In this study, misalignment and unbalance errors were analyzed in a Jeffcott dynamic model, and detailed analyzes of the vibroacoustic signals obtained simultaneously were performed to see the significant ranges in the frequency domain of vibroacoustic behavior.

### RESUMEN

La fiabilidad de las máquinas es el factor más importante en la productividad y la operación de las máquinas y en los diagnósticos de su estado, las vibraciones representa unos de los indicadores más representativos para su revisión y control de su condición de operación. Las perturbaciones del estado de equilibrio originan ciertas variaciones de vibraciones y ruido en todos los componentes de los equipos. Estas vibraciones avanzan a los largo de todos elementos mecánicos y pueden inducir a fallas más peligrosas y deterioro acelerado de sus partes. Esta metodología permitirá el estudio de diferentes fallos presentados en un equipo rotativo y observar de forma más clara y rápida la relación entre los síntomas mecánicos, las señales vibratorias y acústicas de la máquina. En este estudio se analizaron fallos de desalineamiento y desbalanceo en un modelo dinámico tipo Jeffcott, se realizó un análisis detallados de las señales vibroacústicas obtenidas de forma simultánea, para ver los rangos significativos en el dominio frecuencia del comportamiento vibroacústico.

## FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

### 1. Introducción

Los procesos vibroacústicos son fenómenos dinámicos establecidos en el entorno de operación de un sistema mecánico. En la literatura se pueden encontrar muchas causas que ocasionan perturbaciones y variaciones sobre la condición de la máquina y alguna de ellas son relativamente fáciles de comparar, observar y registrar, procesar e identificar, pero otras señales son muy complejas para su análisis [1-5]. El análisis de los procesos de vibración nos ayuda a comprender los fenómenos de: la generación de variables de fuerza en el tiempo, que influyen en la estructura y el entorno, la propagación y transformación de energía en estructuras y líquidos y otros elementos del medio ambiente, y la radiación de sonido a través de los elementos del entorno y las estructuras mecánicas, entre otros [7-9].

### 2. Objeto y métodos de investigación

La investigación requirió la realización de una serie de mediciones de aceleraciones de vibraciones para varias condiciones para varias condiciones de fallos. En este proyecto se utilizó un modelo Jeffcott compuesto de un eje y dos rotores; el sistema se encuentra apoyado en dos soportes, como se puede observar en la figura 1. El sistema fue configurado para toma de mediciones de vibraciones y acústicas en siete puntos (ver figura 2).

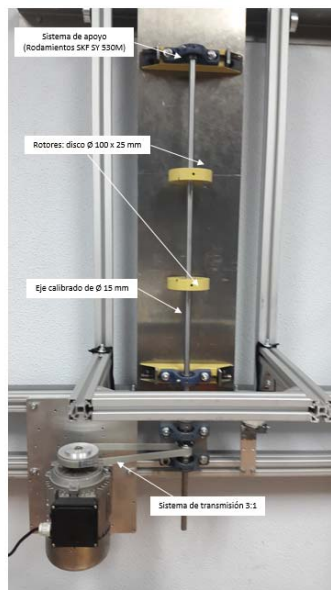


Fig.1 Diseño constructivo del modelo experimental

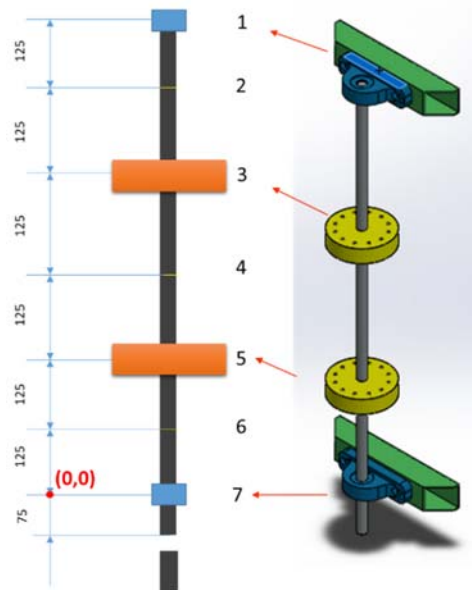


Fig. 2 Discretización del modelo físico para toma de datos.

Para evaluar la aceleración de las vibraciones, se utilizaron transductores piezoeléctricos en los apoyos (nodo 1 y 7) y los demás nodos fueron medidos con sensores láser y de aproximación, tal como se muestra en la Fig. 4 y 5.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

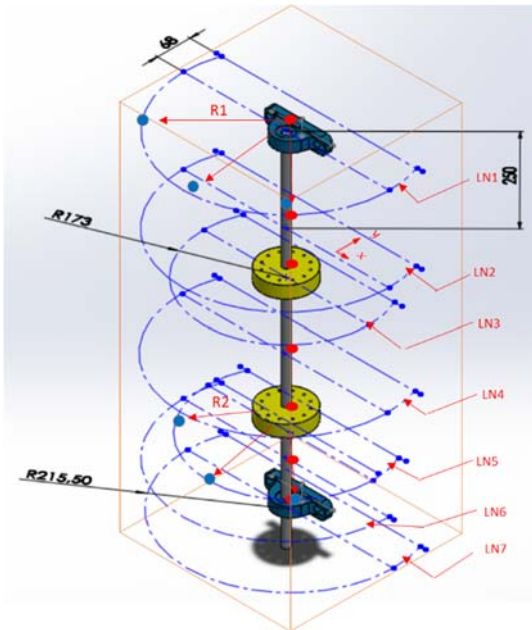


Fig.3 Configuración geométrica de los puntos de mediciones.

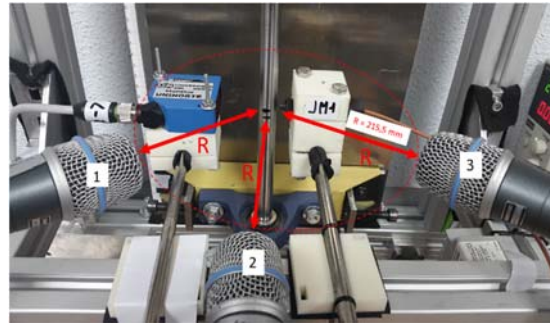


Fig. 4 Mediciones vibroacústicas en el punto 6

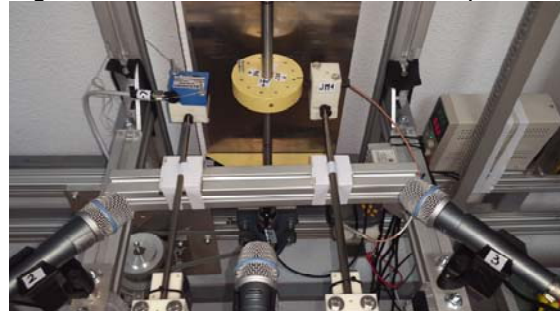


Fig. 5 Mediciones vibroacústicas en el punto 5 (Disco-Rotor No. 2).

Durante la investigación se observó que el comportamiento de las guardan una relación con las señales acústicas en ciertos rangos de frecuencias. El registro de los equipos para llevar a cabo esta investigación se muestra a continuación:

- Motor eléctrico, ICME, modelo FS 80 B4; potencia nominal 750 W
- Potenciómetro manual, para control de la velocidad del motor
- Dos discos (rotores) calibrados, de 1.46 kg
- Acoplamiento elástico R+L Hydraulics, Spidex A19
- Sistema de transmisión, RS, ref.: 474-6249, para una relación 3:1
- Tacómetro digital, manual, Hibok, modelo Hibok-24
- Cuatro Acelerómetros piezoeléctricos PCB, sensor SQI608A11
- Módulo de adecuación de señales, ADQ-VIB Ver 1.0 (diseñado y construido por los autores).
- Fuente de alimentación de corriente continua, MCH, Instruments & C0, alimentación a 24 V
- Sensor láser, Wenglor, modelo OPT2001, rango de medida ente 30-80 mm.
- Sensor Proximity, Metrix Instrumentes, modelo 5533-01
- Tres (3) micrófonos unidireccionales, Shure, Beta57A [6],
- Tarjeta de adquisición de datos, National Instruments, modelo NI-USB-6259
- Software LabView y Matlab.

Las medidas de las vibraciones y acústicas se realizaron en forma simultánea en cada uno de los nodos descritos anteriormente. El sistema mecánico fue analizado con cinco (5) velocidades de rotación, mostrados en la figura (8-11), entre ellas dos velocidades críticas (V1 y V2), ver figura 6 y 7. A cada velocidad se simularon varias condiciones de fallos de Desalineamiento y desbalanceo.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18- 24 al 26 de octubre

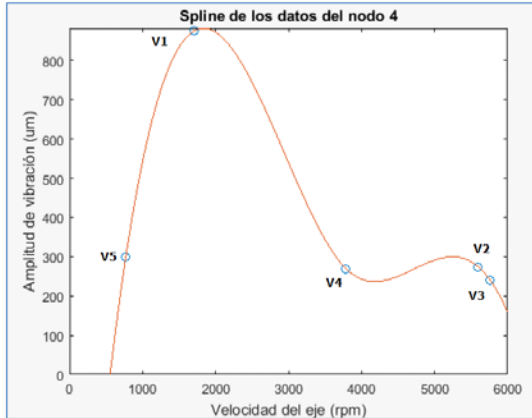


Fig. 6 Curva spline de los datos del nodo 2 para el caso base

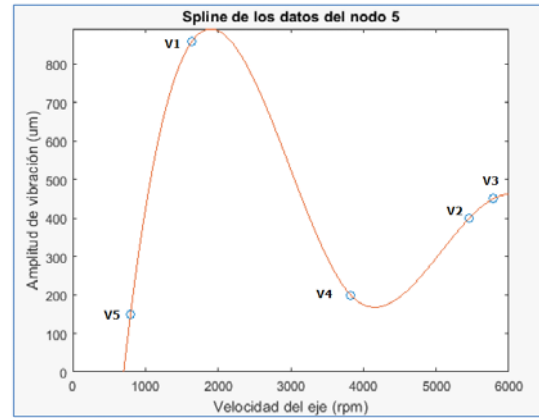


Fig.7 Curva spline de los datos del nodo 4 para el caso base

### 3. Resultados y análisis

Los resultados de esta investigación muestran una tendencia significativa en comportamientos similares de las señales vibratorias y acústicas. Considerando los fallos mecánicos de desalineamiento vemos que los comportamientos de las frecuencias en rangos entre 40 – 100 Hz son más apreciables Ver figuras ( 8 -11).

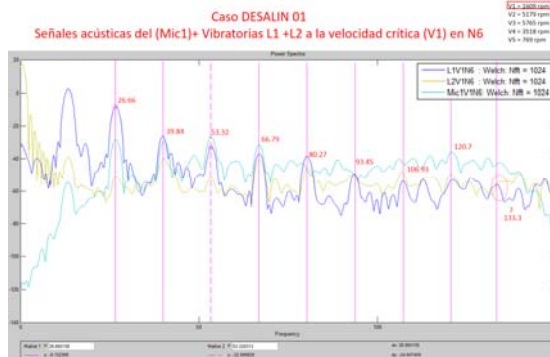


Fig. 8 Caso desalin. en el nodo N2 a la V1

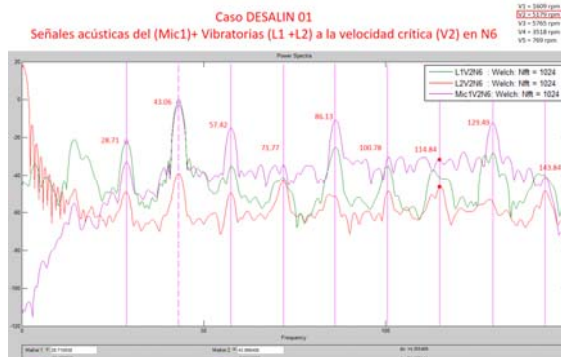


Fig. 9 Caso desalin. en el nodo N2 a la V2

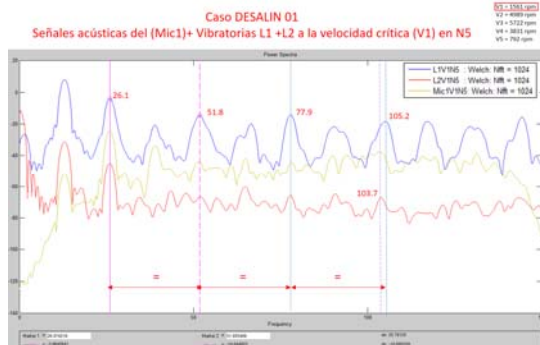


Fig. 10 Caso desalin. en el nodo N5 a la V1

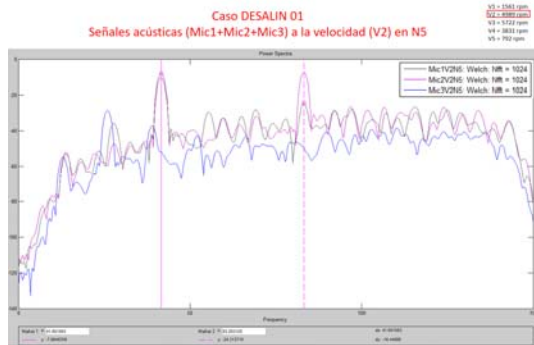


Fig. 11 Caso desalin. en el nodo N5 a la V1



**FIA 2018**

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] S N. Y Gerges and J. P. Arenas, Fundamentos y control del ruido y vibraciones. Florianópolis, SC, Brazil: NR Editora, 2004.
- [2] R. F. Barron, Industrial noise control and acoustics. New York, NY, USA: Marcel Dekker, Inc., 2003.
- [3] L. Ver and L. L. Beranek, Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications, 2nd ed. Hoboken, N.J.: Wiley, 2005.
- [4] C. Fazio, I. Guastella, R. M. Sperandio-Mineo, and G. Tarantino, "Modelling Mechanical Wave Propagation: Guidelines and experimentation of a teaching-learning sequence," International Journal of Science Education, vol. 30, no. 11, p. 1491, 2008.
- [5] M. J. Crocker, Handbook of noise and vibration control, 2nd ed. Hoboken, N.J.: John Wiley and Sons, 2007.
- [6] "Quest Technologies 2900 Advanced Integrating Sound Level Meter - Sound and Noise Level Monitoring." [Online]. Available: [http://www.raeco.com/products/noise/quest\\_2900dslm.html](http://www.raeco.com/products/noise/quest_2900dslm.html). [Accessed: 20-Jun-2011].
- [7] V. J. Muñoz-Yi, E. D. J. Arrieta-Morales, and D. E. Cmacho-Galvis, "Modelación acústica de sistemas mecánicos en la industria," in Libro de Resúmenes VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FA 2008, Buenos Aires, Argentina, 2008, FIA2008-A004-1, FIA2008-A004-9.
- [8] S. Nandi; H.A. Toliyat; X. Li "Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Electrical Motors—A Review", IEEE Transactions On Energy Conversion, Vol. 20, No. 4, December 2005.
- [9] P. Czech, "Diagnosis Of Industrial Gearboxes Condition By Vibration And Time-Frequency, Scale-Frequency, Frequency-Frequency Analysis, Metalurgija 51 (2012) 4, 521-524, ISSN 0543-5846.