



**Title: Análisis de vibraciones en un sistema rotodinámico.  
Ingeniería y tecnología**

**Authors: GAMBOA-MARTÍN, Vianney Aurora, RODRIGUEZ-BLANCO, Marco Antonio,  
MARTINEZ-RODRIGUEZ, Gilberto and DURÁN-MORALES, Iván**

**Editorial label ECORFAN: 607-8695**

**BCIERMMI Control Number: 2021-01**

**BCIERMMI Classification (2021): 271021-0001**

**Pages: 16**

**RNA: 03-2010-032610115700-14**

**ECORFAN-México, S.C.**

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

**www.ecorfan.org**

**Holdings**

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# Contenido

---

1. Introducción
2. Metodología
3. Pruebas experimentales
4. Discusión de los resultados
5. Conclusiones
6. Referencias

# 1. Introducción

Muchas máquinas contienen sistemas de accionamiento con motores, embragues, engranajes, ejes, correas o cadenas, rodamientos de bolas, rodillos, aceite etc. En donde algunas vibraciones normales pueden ser generadas por oscilaciones inherentes de la máquina como; oscilaciones del eje, velocidad angular o excitación por impulsos PWM.

Los componentes de un sistema (rodamientos, chumaceras, cojinetes, etc.) con el paso del tiempo sufren cierto desgaste o desajustes derivados por una desalineación o por un desbalance de masa u otra causa, provocando al sistema a vibrar de manera sobre excitada, por eso es importante el análisis de vibraciones en el cual se detectan estas fallas derivadas por la vibración desequilibrada, de manera que, la vibración constante desgasta los componentes del sistema. Por lo tanto, el análisis de vibraciones es un campo bien establecido en la supervisión y monitoreo de las maquinas.

Existen instrumentos de medición en las máquinas como, acelerómetros laterales en una, dos o tres direcciones, esta dirección puede ser ortogonal, horizontal, vertical y axial o rotacional en la carcasa de las máquinas. Y en lugar de la aceleración  $a(t)$ , también se puede medir la velocidad de vibración  $v(t)$  o el desplazamiento de vibración  $d(t)$  (Isermann, R., 2005).

Las fallas en las máquinas generan señales armónicas estacionarias adicionales o señales de pulso (Isermann, R., 2005). Las señales resultantes pueden aparecer como vibraciones aditivas, como

$$y(t) = y_1(t) + y_2(t) + \dots + y_n(t) = \sum_{i=1}^n y_i(t) \quad (1)$$

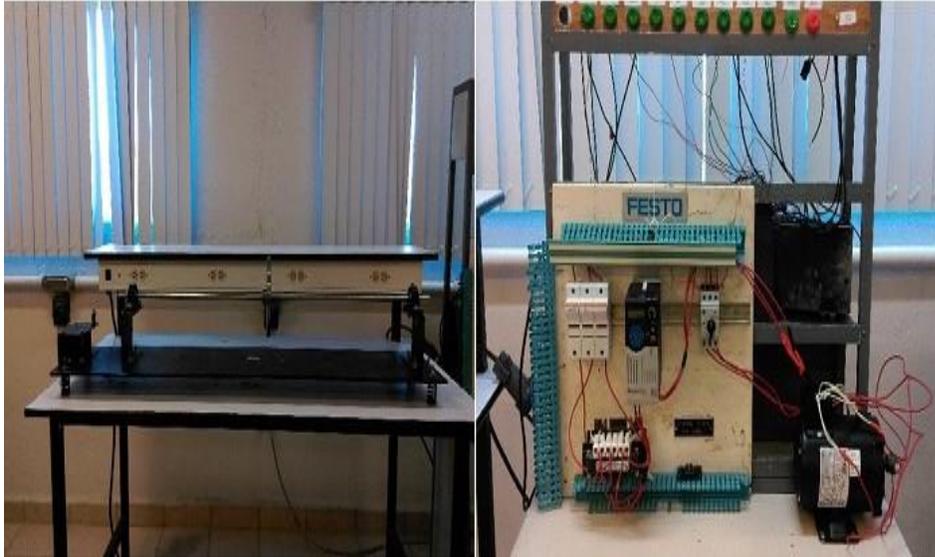
La transformada de Fourier es una herramienta que permite descomponer una función en una serie infinita de funciones que tienen diferentes frecuencias, y todas ellas múltiplos de la frecuencia (Marín, 2012).

De manera general, existen dos tipos de mantenimiento, predictivo y correctivo.

- El mantenimiento predictivo identifica las amplitudes que predominan en las señales de las vibraciones que se toman del sistema, las cuales se analizan para determinar las causas de la vibración.
- El mantenimiento correctivo se utiliza de manera basada en la intervención o interrupción en caso de falla por avería, el cual se distingue por dos formas (Blanco-Ortega, 2010) que consisten en el mantenimiento correctivo por intervención con la eliminación de la falla por avería, donde en reparación por emergencia, reemplaza los componentes dañados de la máquina. El mantenimiento correctivo tiene sus ventajas y desventajas, las cuales puede maximizar el aprovechamiento de la máquina o hasta bajar el nivel de vida útil de la misma.

La vibración causada por el desequilibrio es un problema común que se presenta en una gran cantidad de maquinaria rotatoria. Para equilibrar el sistema se han propuestos diversos métodos o dispositivos pasivos y activos con el objetivo de atenuar las vibraciones causadas por el desequilibrio (Blanco-Ortega, 2010), previo a un análisis de vibraciones.

# Medición e instrumentación



**Figura 1** Sistema rotodinámico e impulsor PowerFlex 525.  
*Fuente: Instalaciones de laboratorio de mecatrónica de la UNACAR.*

En la tabla 1 se muestran los parámetros de operación del motor de inducción trifásica con los cuales opera el sistema, los datos en el variador de frecuencia (PowerFlex 525) son configurados a través de una conexión ethernet.

El sistema rotodinámico o proceso utilizado, es un sistema mecatrónico, el cual consta de un motor de inducción trifásico conectado y controlado por, un variador de frecuencia (PowerFlex 525), además de una flecha o eje mecánico.

En la figura 1 se observa el sistema rotodinámico y el variador de frecuencia utilizados.

Parámetros del motor	
Voltaje	220 V
RPM	1725 RPM
Polos	4
Frecuencia	60 Hz
Corriente	0.9 A
Potencia del motor	0.37 kW

**Tabla 1** Parámetros del motor de inducción trifásico.  
*Fuente: Elaboración propia*

La adquisición de datos (DAQ), se muestra en la figura 2 y se compone del siguiente equipo:

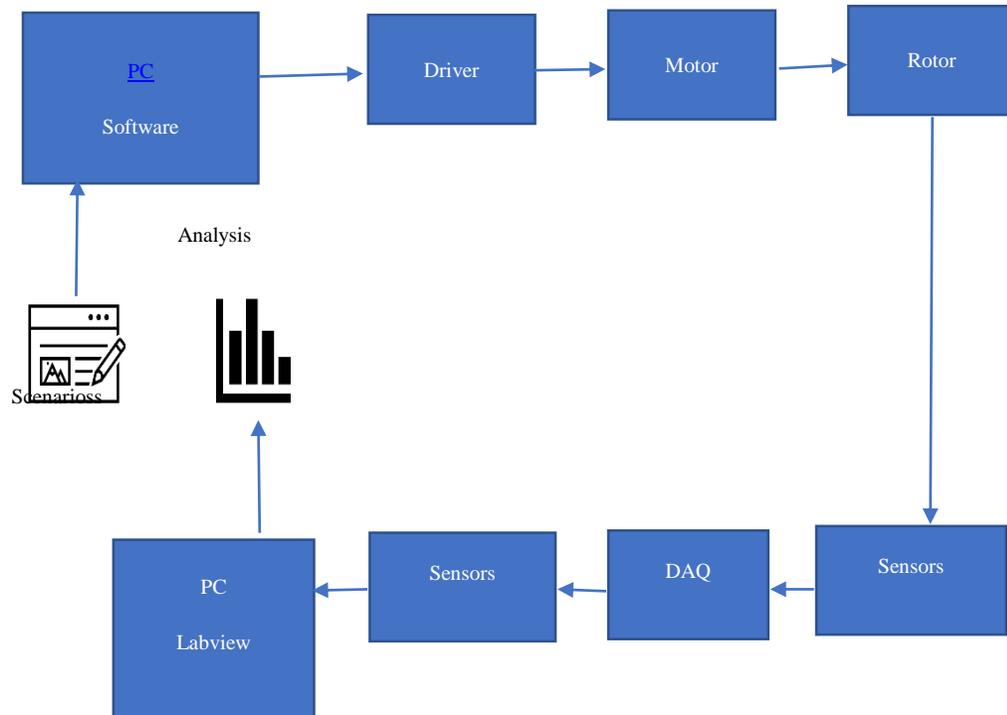
- De un módulo de entrada de sonido y vibración NI-9234, 4 canales, 51.2 KS/s canal $\pm$ 5V,
- Un dispositivo USB 6003 de E/S Multifunción, 8 I (16Bits, 100 KS/s, 2AO (5 KS/s canal), 13 DIO)
- Un contador de 32 Bits, el chasis cDA-914
- Dos acelerómetros PCB de uso general, 10 mV/g, ICP (EPE) GPTC03.



**Figura 2** Equipo DAQ, tarjeta NI 9234, National Instruments  
Fuente: Elaboración propia

## 2. Metodología

La metodología para seguir se resume con el siguiente diagrama a bloque que se representa en la figura 3.



**Figura 3** Diagrama de adquisición de datos y control de velocidad del motor de inducción en lazo abierto.

Fuente: Elaboración propia.

La metodología para la obtención de datos comienza, según se muestra en la figura 3, programando el escenario inicial con ayuda del software de control del variador de frecuencia PowerFlex a través de una conexión ethernet, posteriormente la variación de frecuencia interactúa con la variación del motor de inducción y transfiere el movimiento rotacional al rotor, el cual está conectado a la flecha mecánica del sistema rotodinámico, un acelerómetro, como sensor de vibración por cada chumacera, es conectado a la DAQ la cual se conecta a la PC, en donde se realiza el procesamiento y análisis utilizando software de LabVIEW con algoritmos de código abierto desarrollado en este trabajo. Una vez obtenida la prueba se procede a cambiar de escenario para así completar un análisis más completo.

En la figura 4 se observar la primera parte de equipo de instrumentación: el variador de frecuencia (PowerFlex 525), el motor, el eje mecánico, el medidor de corriente y osciloscopio.



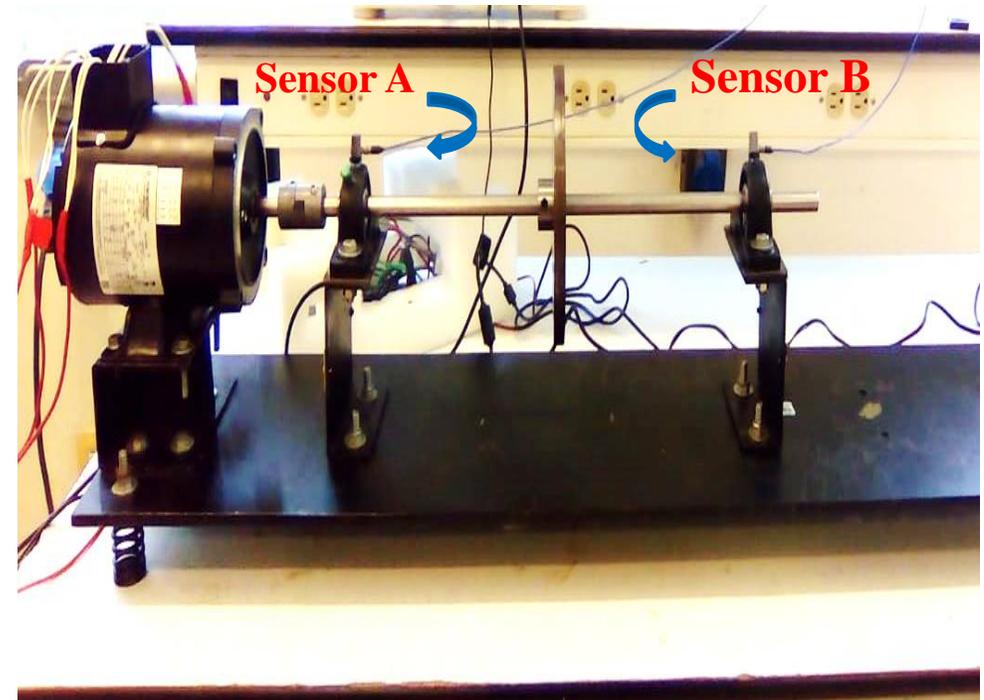
**Figura 5** Equipo de instrumentación, segunda parte.  
*Fuente: Instalaciones de laboratorio de mecatrónica de la UNACAR.*



**Figura 4** Equipo de instrumentación, primera parte.  
*Fuente: Instalaciones de laboratorio de mecatrónica de la UNACAR.*

En la figura 5 se muestra, el equipo para la obtención de datos (acelerómetros, tarjeta de adquisición DAQ y la HMI).

- Con la finalidad de analizar de manera detallada la vibración vertical, los sensores A y B se colocaron sobre la chumacera como se muestra en la figura 6. Las vibraciones laterales no se consideraron en este análisis porque experimentalmente las magnitudes verticales brindan cambios más significativos.

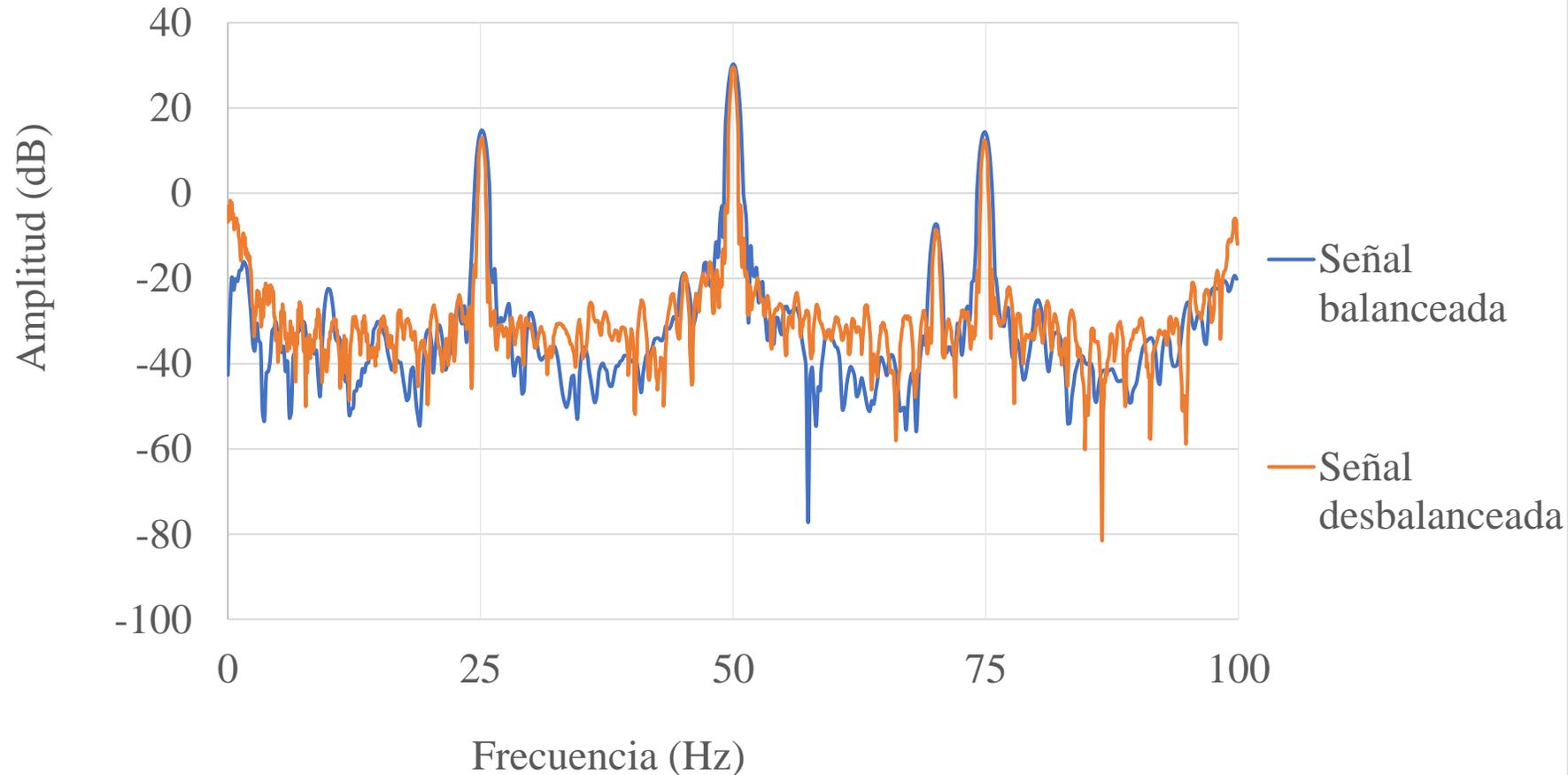


**Figura 6** Posición de los acelerómetros A y B sobre la chumacera.  
Tarjeta NI 9234 de National Instruments.  
Fuente: Instalaciones de laboratorio de mecatrónica de la UNACAR.

# 3. Pruebas experimentales

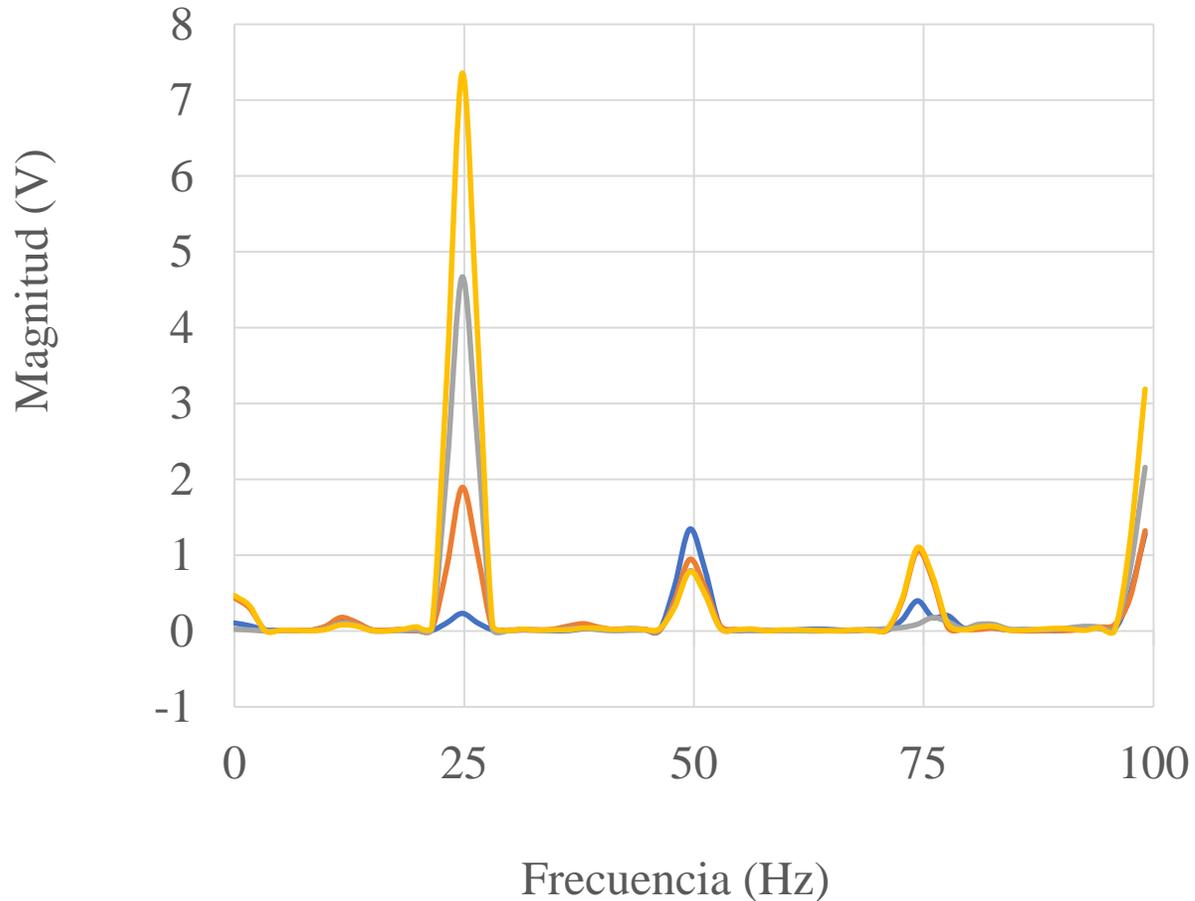
- Se realizaron dos pruebas y los resultados de las pruebas realizadas en el sistema rotodinámico, se adquirieron por medio de dos barras de acero, una de 0.60 metros y la otra de 0.75 metros, las cuales vibran de manera particular a diferentes velocidades, la medición de las perturbaciones de corrientes del motor debido a la longitud de barra de transmisión de acero son posprocesada empleando la FFT que el propio osciloscopio tiene como herramientas matemáticas dando como resultado el mismo espectro en frecuencia que el empleado acelerómetros, DAQ, software de LabVIEW y PC, La ventaja de usar el acelerómetro es la magnitudes son más significativas en comparación con la FFT utilizando las corriente del motor.
- El espectro de frecuencia de la corriente del motor son procesadas con las herramientas matemáticas del osciloscopio y El espectro de frecuencia de las vibraciones mecánicas son medidas con acelerómetros y el software de LabVIEW respectivamente. Los resultados obtenidos se muestras en la gráfica 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

# Prueba 1



- Transmisión 0.60 m
- Disco de inercia balanceado y desbalanceado
- velocidad de operación de 1725 rpm

**Gráfica 1** *Espectros de Fourier de las corrientes del motor prueba 1.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

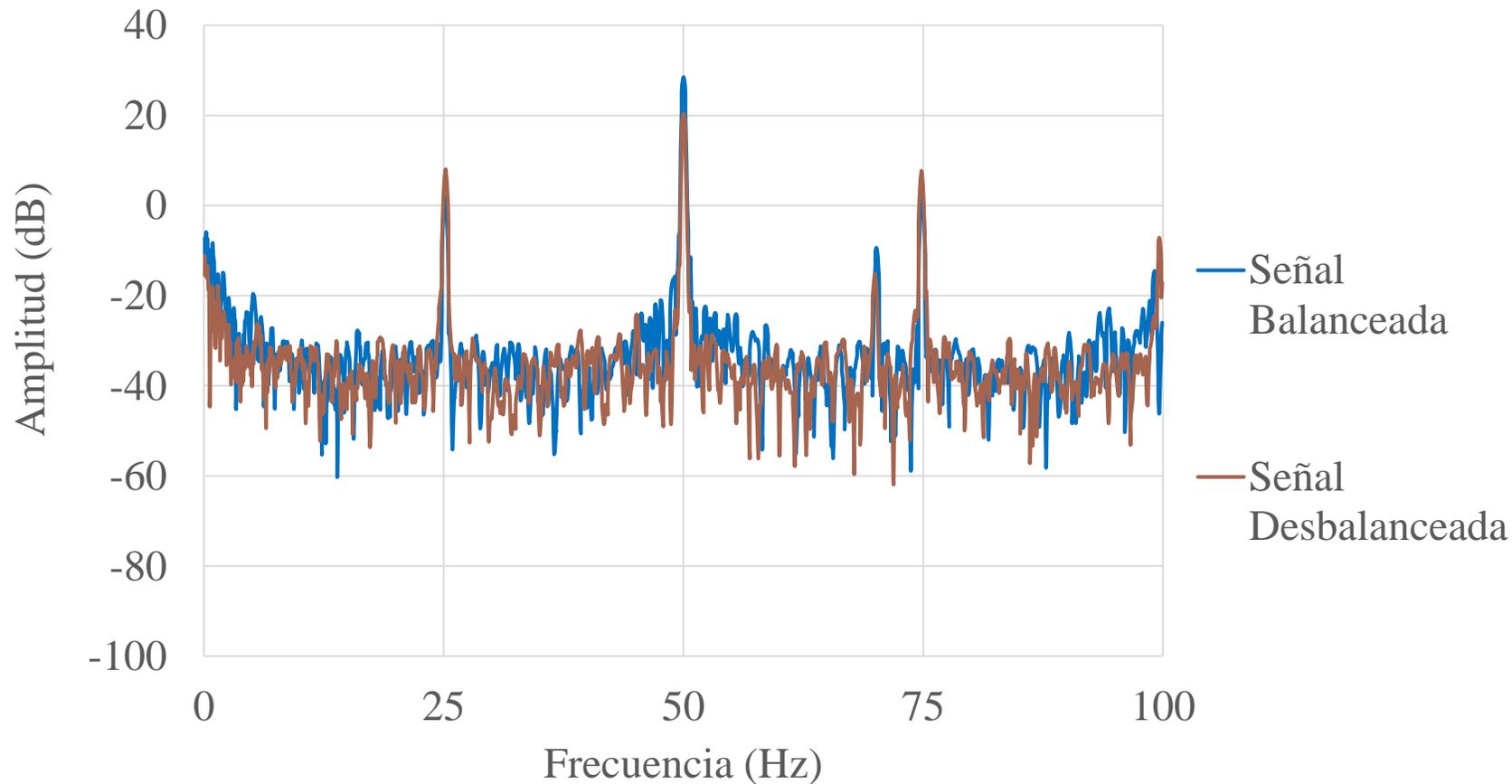


- SA\_1  
Balanceado
- SB\_1  
Desbalanceado
- SA\_2  
Balanceado
- SB\_2  
Desbalanceado

- Transmisión 0.60 m
- Disco de inercia balanceado y desbalanceado
- velocidad de operación de 2200 rpm y 2158 rpm
- SA\_1 y SB\_1 en chumacera cercana al motor
- SA\_2 y SB\_2 en chumacera lejana al motor

**Gráfica 2** *Espectros de Fourier de las vibraciones mecánicas del sistema prueba 1.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

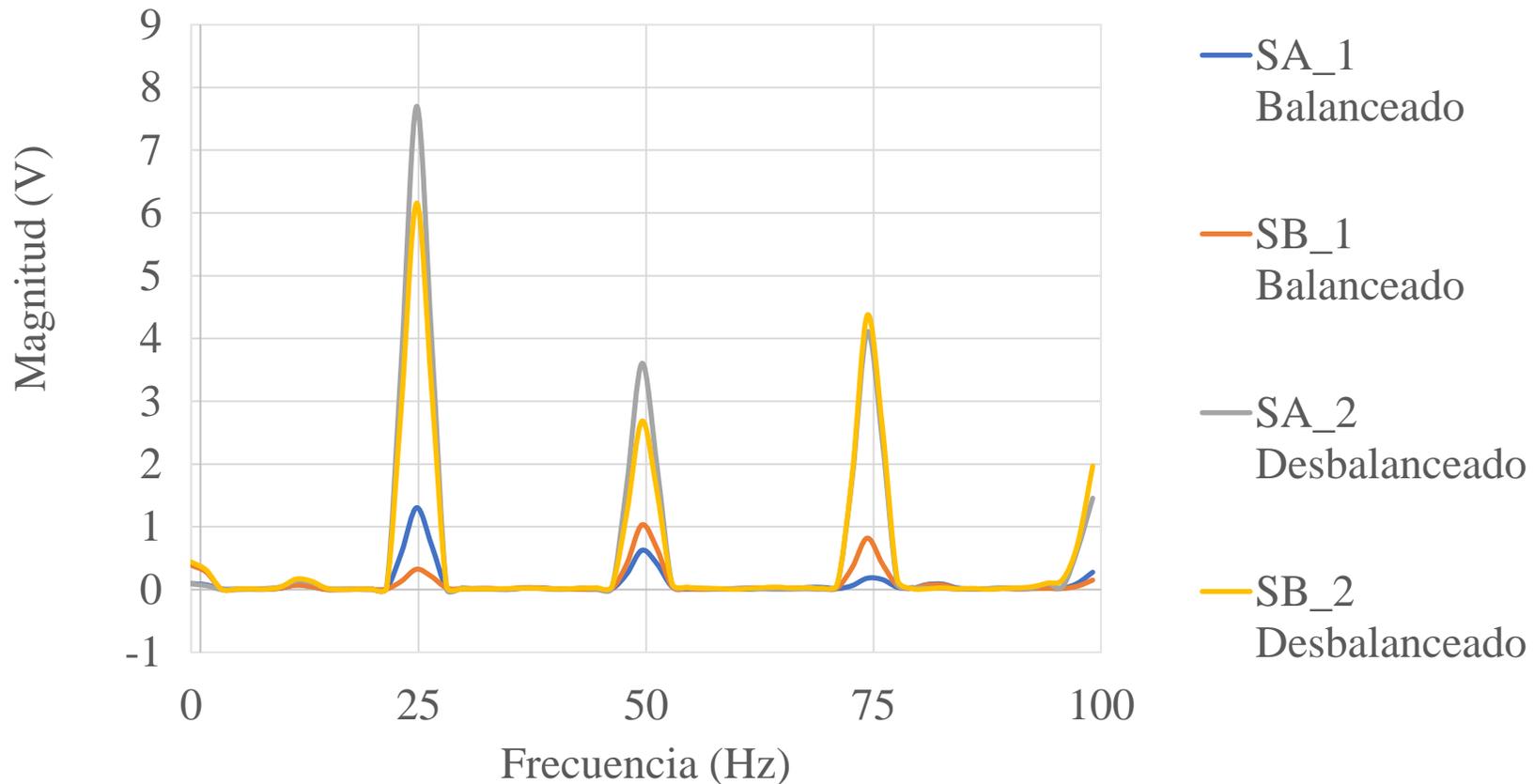
# Prueba 2



- Transmisión 0.75 m
- Disco de inercia balanceado y desbalanceado
- velocidad de operación de 1905 rpm

**Gráfica 3** *Espectro de Fourier de las corrientes del motor prueba 2.*

*Fuente: Elaboración propia.*



- Transmisión 0.75 m
- Disco de inercia balanceado y desbalanceado
- velocidad de operación de 1550 rpm y 1905 rpm
- SA\_1 y SB\_1 en chumacera cercana al motor
- SA\_2 y SB\_2 en chumacera lejana al motor

**Gráfica 4** *Espectro de Fourier de las vibraciones del sistema prueba 2.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

# 4. Discusión de los resultados

- En las gráficas 1, 2, 3 y 4 se observa que los armónicos centrales corresponden a la frecuencia eléctrica de operación del motor, la cual es de 50 Hz para la Prueba 1 y para la Prueba 2. Aquí es interesante mencionar que la velocidad del eje del sistema es función de la frecuencia de operación.
- Por otro lado, la frecuencia de 25 y 75 Hz para la Prueba 1 y la Prueba 2, son características de las vibraciones producidas por los baleros o cojinetes de las chumaceras. Para corroborar estas frecuencias es necesario conocer algunos parámetros de los baleros, como la velocidad del eje y dimensiones de los diámetros de los baleros, según se reporta en (Blanco-Ortega, 2010).
- El motivo por el cual no se pudo operar a su máxima velocidad de la Prueba 1 y la Prueba 2 es porque en un sistema desbalanceado con un eje más grande, las vibraciones incrementan a tal grado que el eje llega a deformarse.

# 5. Conclusiones

---

- Los resultados obtenidos de las corrientes y las vibraciones mecánicas del sistema rotodinámico, tienen espectros de Fourier muy similares, se puede determinar que este modelo de detección puede analizar las vibraciones que experimenta el sistema rotodinámico, al percibir una carga mínima, pero si la carga excede, el sistema tiende a dañar a el motor de inducción, la importancia de la longitud del eje es fundamental en la obtención de las muestras, entre mayor sea la longitud del eje, el sistema experimenta más vibraciones mecánicas y por consiguiente más número de muestras a analizar, ahora a menor longitud la vibraciones son menores y un mínimo de muestras a analizar. .
- Se puede mejorar este análisis con la implementación de más sensores, para recabar un mayor número de muestras y precisión del sistema rotodinámico.

# 6. Referencias

- Blanco-Ortega, A. B.-C.-N.-A. (2010). Control de vibraciones en maquinaria rotatoria. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7(4), 36-43.
- Donolo, P. B. (2016). Voltage unbalance and harmonic distortion effects on induction motor power, torque and vibrations. *Electric power systems research*, 140, 866-873.
- Ioannides, M. G. (1995). A new approach for the prediction and identification of generated harmonics by induction generators in transient state. *IEEE transactions on energy conversion*, 10(1), 118-125.
- Isermann, R. (2005). *Fault-diagnosis systems: an introduction from fault detection to fault tolerance*. Springer Science & Business Media.
- Kersting, W. H. . (May 2000). Causes and effects of unbalanced voltages serving an induction motor. *In 2000 Rural Electric Power Conference. Papers Presented at the 44th Annual Conference (Cat. No. 00CH37071)*, (pp. B3-1). IEEE.
- Khoobroo, A., Fahimi, B., & Lee, W. J. (November 2008). Effects of system harmonics and unbalanced voltages on electromagnetic performance of induction motors. *34th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics In 2008*, 1173-1178.
- Marín, E. P. (2012). *Elementos de medición y análisis de vibraciones en máquinas rotatorias*. Félix Varela.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/booklets](http://www.ecorfan.org/booklets))