

<https://doi.org/10.52428/20758944.v12i37.671>

## DISEÑO DE UN SISTEMA MEDIDOR DE VIBRACIONES PARA MÁQUINAS ROTATIVAS DE 900RPM HASTA 84000RPM

### VIBRATIONS MEASURING SYSTEM DESIGNING FOR ROTATING MACHINES SINCE 900RPM TO 84000RPM

Mijail Carlos Torrez Padilla (1)  
Ariel Quezada Castro (1)

#### RESUMEN

El presente artículo trata de un sistema medidor de vibraciones producidas por las máquinas rotativas, las cuales al ser cuantificadas por el mismo, permiten que expertos analistas en vibraciones puedan realizar el diagnóstico sobre el estado de la máquina.

El instrumento de medición cuantifica las señales de vibración a partir de un acelerómetro, para luego realizar un tratamiento de los datos mediante técnicas de procesamiento de señales efectuado por el software desarrollado. Finalmente, las señales son presentadas en la pantalla por medio de gráficas de tiempo y espectro, incluyendo diferentes funcionalidades para mejorar la percepción de las señales para el usuario.

Palabras clave: Vibraciones mecánicas. Acelerómetro. Procesamiento de señales. Microcontrolador. Microcomputador. Espectro de frecuencia.

#### ABSTRACT

This article is a vibration measuring system for rotating machines issued, which when quantified by it, experts enable vibration analysts can perform the diagnosis of the state of the machine.

The measuring instrument quantifies the vibration signals from an accelerometer, and then perform data

processing using signal-processing techniques performed by the software developed. Finally, signals are displayed on the screen through time and spectrum graphs, including various features to improve the perception of signals to the user.

**Keywords:** Mechanical vibration. Accelerometer. Signal processing. Microcontroller. Microcomputer frequency spectrum.

#### INTRODUCCIÓN

La medición de vibraciones mecánicas juega un papel importante para las empresas que operan con este tipo de maquinaria, ya que mediante mantenimientos preventivos y monitoreo, se pretende evitar paros en los procesos de producción debido a fallas en las máquinas (1). Por otro lado, dichos instrumentos de medición resultan ser poco accesibles, derivando en su desaprovechamiento por parte de micros o pequeñas empresas.

El diseño del sistema de medición de vibraciones se basa en tecnologías y herramientas disponibles en nuestro medio que a partir de: Acelerómetros; dispositivos de adquisición de datos; microcomputadores Raspberry pi; procesamiento de señales y lenguajes de programación orientados a la ingeniería; hacen posible la visualización y tratamiento de las señales en gráficas de tiempo y espectro. Asimismo, permite la

Páginas 23 a 28

Fecha de Recepción: 18/08/16

Fecha de Aprobación: 24/08/16

1) Estudiante de Ingeniería Electrónica y de Sistemas. Univalle Cochabamba. tpm1005492@est.univalle.edu

2) Ing. Electrónico, Docente Univalle Cochabamba. aquezadac@univalle.edu

recolección de diferentes fuentes de vibración, que al ser almacenados (en la memoria del ordenador) admiten su posterior análisis en laboratorios.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

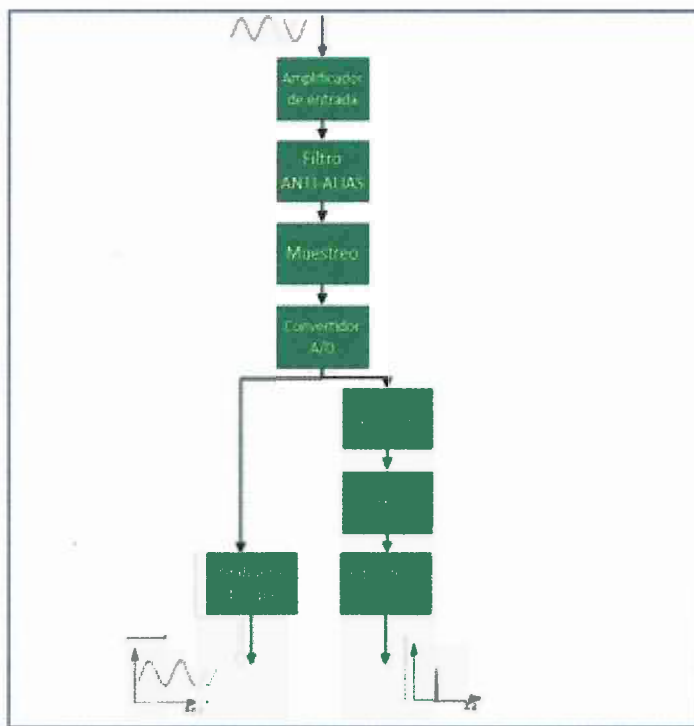
El desarrollo de la investigación parte del conocimiento básico sobre vibraciones mecánicas y el conjunto de elementos y herramientas para estructurar el diseño del sistema de medición.

Una vibración mecánica se conceptualiza como el movimiento de vaivén de una máquina o elementos de ella en cualquier dirección del espacio desde un punto de equilibrio (2). Dichos movimientos de vaivén requieren ser medidos por transductores de movimiento. Entre los más implementados debido a sus grandes

ventajas y características, se encuentra el acelerómetro. Este instrumento como transductor permite cuantificar los movimientos oscilatorios de la máquina, en unidades “g” (gravedad) o aceleración. Por tanto, se debe acoplar dicho instrumento a la máquina de alguna manera; entre los más recomendados y prácticos se encuentran los imanes de neodimio, que por sus características de construcción, lo constituyen en un potente aditivo sobre superficies metálicas.

Sin embargo, la medición y cuantificación de una señal vibrante no es suficiente; existen procedimientos que se deben tomar en cuenta para su representación en gráficas de tiempo u espectro (2). Figura N° 1 muestra dichas etapas.

**Figura N° 1. Etapas de medición para análisis de espectro**

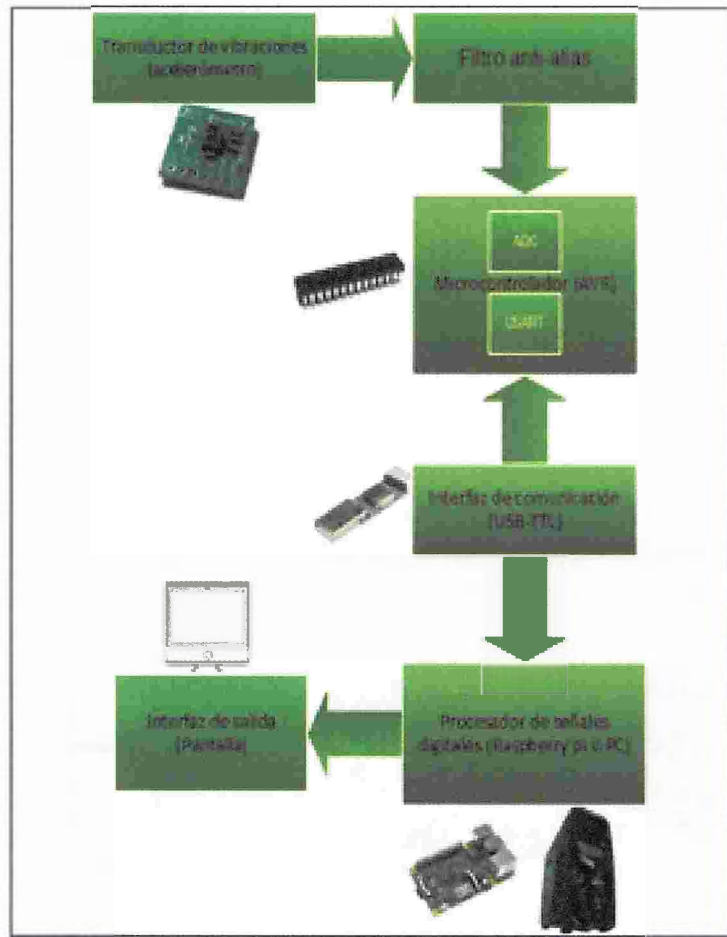


Fuente: (2).

El ancho de banda de las vibraciones percibidas por el acelerómetro fueron limitadas a cierta frecuencia de interés mediante un filtro que evite el efecto alias; por tanto, de acuerdo al teorema de Nyquist-Shannon, el muestreo debe ser realizado al doble de la frecuencia máxima de interés. Dando paso a una reconstrucción más aproximada de la señal.

Posteriormente, un microcontrolador, filtros y amplificadores que son parte del sistema de adquisición de datos (como el mostrado en el Figura N° 2), seguido de un procesador digital (un computador por sus grandes capacidades de procesamiento), permiten su representación a partir de gráficas.

Figura N° 2. Sistema de adquisición de datos



Fuente: Elaboración propia. 2015.

Por otro lado, fue posible realizar un tratamiento de los datos mediante técnicas del procesamiento de señales (funciones ventana, FFT, funciones de integración, filtros pasa-altos) logrando así destacar y resaltar la información útil de las vibraciones medidas

(3). El procesamiento de los datos, permitió una mejor percepción de las señales en las gráficas; lo cual es de mucha ayuda para un experto en vibraciones. Figura N° 3 muestra el proceso para el tratamiento de los datos.

Figura N°3. Proceso para graficar señales



Fuente: Elaboración propia. 2015.

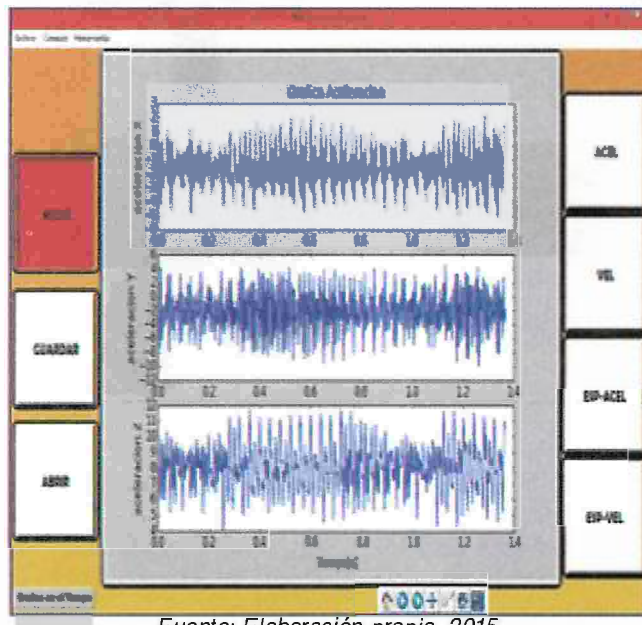
El computador como procesador digital coopera bastante con el procesamiento de datos, ya que existen varios lenguajes de programación orientados a la ingeniería (octave, scipy, scilab por mencionar algunos) que proporcionan dichas técnicas del procesamiento de señales (4). De la misma forma, el uso del computador permitió el procesamiento de gran cantidad de datos en cortos periodos de tiempo incluyendo gráficas más significativas para el usuario. Mas aun gracias a la memoria que dispone, los datos pueden ser almacenados para su seguimiento, como también recolectar varias fuentes de vibración para su posterior análisis en laboratorio.

**RESULTADOS**

La secuencia mostrada en el Diagrama N° 2 permite presentar las señales de vibración emanadas de una máquina en gráficas de tiempo o espectro. Es así que, el sistema de adquisición a partir de un acelerómetro puede cuantificar voltajes analógicos limitando el ancho de banda y realizando el muestreo de acuerdo al teorema de Nyquist-Shannon; posteriormente, los datos son convertidos y transmitidos al bloque de procesamiento de señales donde se realiza un almacenamiento, tratamiento y representación de las vibraciones.

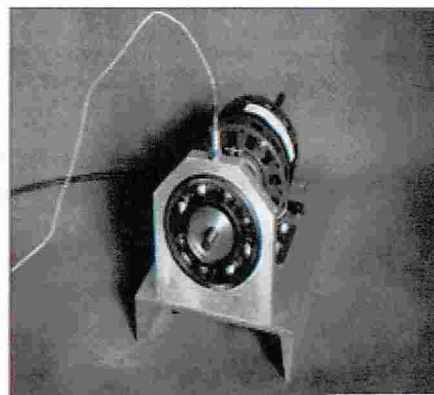
En la Figura N° 4 se puede observar una señal de vibración tomada de un banco de pruebas en la escala de la amplitud con respecto del tiempo y en la Figura N° 5 se muestra el banco de pruebas.

**Figura N° 4. Vibración medida de un banco de pruebas**



*Fuente: Elaboración propia. 2015.*

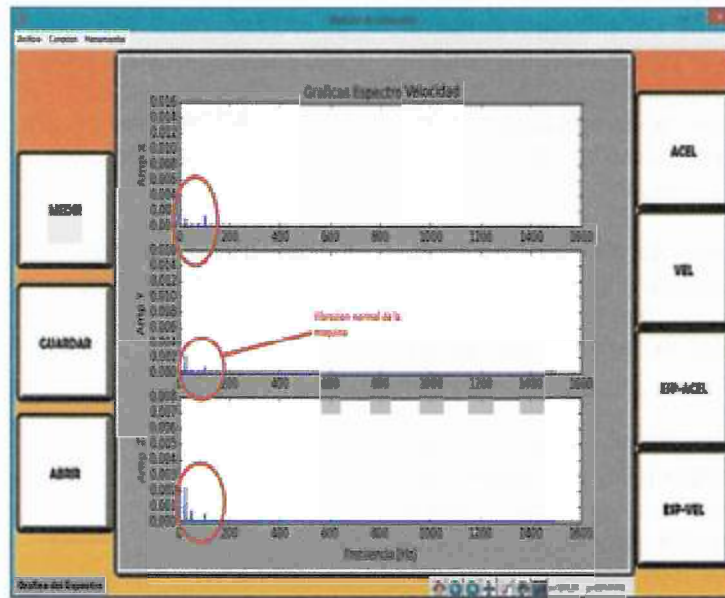
**Figura N° 5: Banco de pruebas mecánicas**



*Fuente: (2).*

De la misma forma, el sistema de medición permite obtener el espectro de las vibraciones como se muestra en la Figura N° 6.

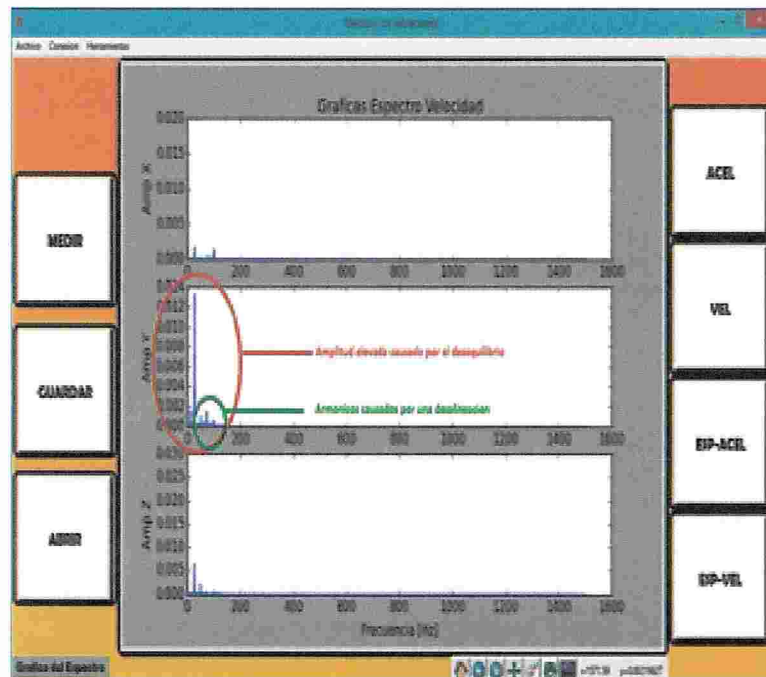
Figura N° 6. Espectro de vibración medido del banco de pruebas



Fuente: Elaboración propia. 2015.

En la Figura N° 3 se ilustran los picos de frecuencia de una vibración normal de la máquina; sin embargo, al forzar un desequilibrio en el banco de pruebas, el espectro resultante se observa en la Figura N° 7.

Figura N° 7. Espectro de vibración medido del banco de pruebas



Fuente: Elaboración propia. 2015.

## DISCUSIÓN

De acuerdo a las pruebas realizadas con el sistema y los resultados obtenidos, el instrumento de medición opera como se esperaba. Las gráficas mostradas en la Figura N° 3 permiten visualizar el espectro de una vibración normal en la máquina. Sin embargo, al realizar el desequilibrio mecánico se puede observar notoriamente los cambios en el espectro (Figura N° 4), en el cual se destaca un aumento en la amplitud a la frecuencia de operación de la máquina, siendo característica de un desequilibrio mecánico.

Además, como consecuencia del desequilibrio se esperaba también un desbalanceo (Figura N° 4), ya que se registraron armónicos de la velocidad de operación de la máquina a 1X, 2X y 3X de la frecuencia de funcionamiento.

El sistema de medición construido puede ser implementado en empresas industriales que operen con maquinarias, permitiendo realizar un seguimiento al estado de las mismas. De esta manera, al registrarse cambios fuera de lo normal; tomar decisiones preventivas de iniciar un mantenimiento o requerir la asistencia de un experto en vibraciones.

El instrumento de medición permite realizar su tarea de forma inalámbrica hasta una distancia máxima de 10 metros. Por tanto, para ampliar el área de cobertura se recomienda instalar antenas externas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ROYO, Jesus. Análisis de vibraciones e interpretación de datos. <http://www.guemisa.com/articul/pdf/vibraciones.pdf> (10 de mayo de 2015).
- (2) WOWK, Victor. Machinery vibration: Measurement and analysis. Boston; McGraw-Hill; 1991.
- (3) AMBARDAR, Ashok. Procesamiento de señales analógicas y digitales. 2da ed. Mexico D.F; Thomson; 2003.
- (4) MEDRANO, Carlos. Software libre para cálculo numérico. Madrid; Grupo Ramírez Cogollor; 2009.

**Fuentes de financiamiento:** Esta investigación fue financiada con fondos de los autores.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2016 Mijail Carlos Torrez Padilla; Ariel Quezada Castro



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

**Atribución:** Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelicencia](#)