Research article /Artículo de investigación

Integración y validación de un sistema de análisis de vibraciones mediante Arduino, MATLAB y la Transformada Rápida de Fourier

Integration and validation of a vibration analysis system using Arduino, MATLAB, and the Fast Fourier Transform

Dr. Vicente M. Díaz de León Santiago
Instituto Tecnológico de Veracruz, Docente, Veracruz, México.
vicente.ds@veracruz.tecnm.mx; ORCID *https://orcid.org/0009-0002-3689-1135*

M.C. Vicente Díaz de León Eugenio
Instituto Tecnológico de Veracruz, Docente, Veracruz, México.
diazdevivarv@gmail.com; ORCID *https://orcid.org/0009-0007-0182-2822*

Dr. José Antonio Garrido Natarén
Instituto Tecnológico de Veracruz, Docente, Veracruz, México.
vicente.ds@veracruz.tecnm.mx; ORCID *https://orcid.org/0009-0007-5339-4831*

Dr. Dirk Hans Krakaur Floranes
Institución IECCMEXICO, Investigador, Guanajuato, México.
hkrakaur@gmail.com; ORCID *https://orcid.org/0000-0002-6465-034X*

Dr. Alfredo Gutiérrez García
Institución IECCMEXICO, Dirección General, Guanajuato, México.
ingalfredogutierrezgarcia@gmail.com; ORCID *https://orcid.org/0000-0002-8197-8144*

Recepción: 25 de septiembre de 2026 - Aceptado: 30 de septiembre de 2026 - Publicado: 19 de octubre de 2026
Received: Sep 25, 2026 - Accepted: Sep 30, 2026 - Published: Oct 19, 2026

¿Cómo citar este artículo?
Díaz de León Santiago, V. M., Díaz de León Eugenio, V., Garrido Natarén, J. A., Krakaur Floranes, D. H., & Gutiérrez García, A. (2026). Integración y validación de un sistema de análisis de vibraciones mediante Arduino, MATLAB y la Transformada Rápida de Fourier. Axion Research, 2(2)

Copyright: © 2026 Díaz de León Santiago, V. M., Díaz de León Eugenio, V., Garrido Natarén, J. A., Krakaur Floranes, D. H., & Gutiérrez García, A.; This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

ABSTRACT
In this paper, a multichannel vibration analyzer device is described that uses the MATLAB Fast Fourier Transform algorithm, computing equipment and the ARDUINO UNO platform as a data acquisition and transfer card for use in the educational and industrial field; Tests were carried out in the mechanical vibration laboratory of the TecNM-ITV, showing its effectiveness and reliability compared to the results with the newly calibrated IDR Mechanalysis Model 880 vibration analyzer. The device presented covers effectively and at a lower cost the needs required in these studies, since it provides us with a reliable and precise tool, capable of replacing commercial equipment due to the low budget in public educational institutions.

Keywords: microcontroller, Matlab, FFT, mechanical vibrations, dynamic systems.

RESUMEN
En este artículo, se describe un equipo analizador de vibraciones multicanal que utiliza el algoritmo de la Trasformada rápida de Fourier del MATLAB, equipo de cómputo y la plataforma ARDUINO UNO como tarjeta de adquisición y trasferencia de datos para su uso en el ámbito educativo e industrial; se realizaron pruebas de este en el laboratorio de vibraciones mecánicas del TecNM-ITV, mostrando su efectividad y confiabilidad comparado los resultados con el analizador de vibraciones IDR Mechanalysis Modelo 880 recién calibrado. El dispositivo que se presenta cubre con efectividad y a menor costo las necesidades que se requieren en estos estudios, ya que, nos proporciona una herramienta confiable y precisa, capaz de debido al bajo presupuesto en instituciones públicas educativas constituir una alternativa de bajo costo frente a equipos comerciales.

Palabras clave: Microcontrolador, Matlab, FFT, vibraciones mecánicas, sistemas dinámicos.

INTRODUCCIÓN

El empleo del análisis de vibraciones mecánicas como procedimiento en el mantenimiento predictivo de maquinaria rotativa ha sido una técnica eficaz aplicada en la industria, para ello se han desarrollado una gran variedad de aplicaciones y equipos para este propósito.
Debido a que el propósito general de este proyecto es realizar las mismas funciones que un analizador de vibraciones profesional, pero a menor costo y desde una laptop, se buscaron materiales, que, a pesar de tener un bajo costo en comparación a los equipos usados a nivel industrial, sean resistentes y confiables.
Con esto en mente, para la placa desarrolladora nos inclinamos por un Arduino UNO debido a su mayor tamaño de buffer y transmisión de datos superior que nos entrega el chip ATmega328P. Además, se consideró el mejor candidato en relación a su calidad, precio y requeridas, ya que, el Arduino Nano a pesar de ser un buen candidato no brindaba la cantidad de puertos que ocuparíamos al igual que el Arduino Leonardo que, aunque su velocidad y tamaño de buffer es mayor su costo es más alto, en condiciones más exigentes podríamos considerarlo en un futuro.
El sensor acelerómetro se decidió por el MPU6050 debido a su bajo precio y a su gran rango de medición que proporciona, ya que, el objetivo de este proyecto no requiere tanta precisión y el MPU6050 es suficiente para captar las vibraciones en el cuerpo.
La implementación de los sensores que ofrece el mercado muchas veces esta fuera del alcance de las instituciones de educación superior, limitando su adquisición ya que, son extremadamente costosos y en ocasiones poco prácticos; de ahí, la importancia de desarrollar un prototipo de analizador que pueda sustituir, con sensores de bajo costo y de fácil implementación en el estudio de las vibraciones en los equipos dinámicos en el mantenimiento, incluyendo una plataforma educativa que permite a los estudiantes comprender estos fenómenos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tomando en cuenta la problemática que se tiene, se presenta un estudio que permite proponer un nuevo camino en la detección de las vibraciones en el ámbito académico y profesional. Se muestra el diseño y construcción de los componentes, mostrando los materiales y equipos utilizados para la construcción del analizador propuesto.

1.1. Unidad de medición inercial MPU6050

La unidad de medición inercial cuenta con un procesador de movimiento digital de última generación que permite incorporar 6 ejes en un solo chip (3 lineales y 3 rotacionales), por lo cual tenemos todas las funciones de un acelerómetro y un giroscopio en un solo paquete de 14,4mm^2 (vea fig. 1).
Además, cuentan con 16 ADC's (Analog to Digital Converters), con lo cual se pueden utilizar las señales analógicas que mide el dispositivo y que estas puedan ser digitalizadas para mejor uso, logrando con esto un rango de medición de aceleración de ±2g, ±4g, ±6g, ±8g hasta ±16g.

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

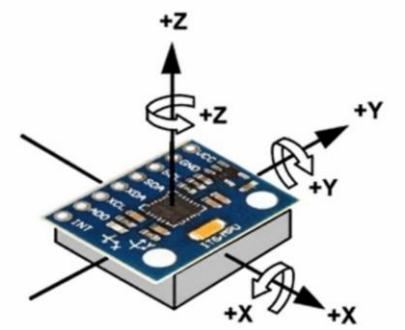


Figura 1. Módulo Acelerómetro y giroscopio MPU6050 (ARDUINO)

1.2. Arduino UNO

Arduino UNO es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usando con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión USB, conector jack de alimentación, terminales para conexión ICSP y un botón de reseteo (vea fig. 2). El ATmega328 proporciona comunicación serie UART (Receptor / Transmisor Asíncrono Universal) TTL (Lógica de Transistores-Transistores) (5V), que esta´ disponible en los pines digitales 0 (RX) y 1 (TX). Un ATmega16U2 en la placa canaliza esta comunicación serie a través de USB y aparece como un puerto virtual para el software en la computadora. El firmware 16U2 utiliza los controladores USB COM estándar y no se necesita un controlador externo.



Figura 2. Arduino Uno Rev3

1.3. Arduino Sensor Shield V5.0 y MATLAB

Para mejorar y aumentar los puertos de nuestro Arduino Uno ocuparemos un shield (vea fig. 3). A pesar de que solo ocuparemos 4 puertos (5V, GND, A4 y A5) necesitamos una mejor opción para conectar nuestros sensores que solamente poner cables o duponts de punta en las terminales.

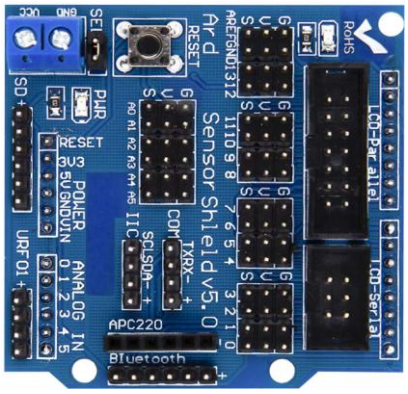


Figura 3. Arduino Sensor Shield V5.0 Sensor expansión Board

El software de la aplicación a utilizar es el MATLAB (MATrix LABoratory) y es un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Entre sus prestaciones básicas se hallan la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware. El paquete MATLAB dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones: el Simulink (plataforma de simulación multidominio) y el GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB con las cajas de herramientas (toolboxes); y las de Simulink con los paquetes de bloques (blocksets). Las aplicaciones de MATLAB se desarrollan en un lenguaje de programación propio, este lenguaje es interpretado, y puede ejecutarse tanto en el entorno interactivo como a través de un archivo de script (archivos *.m). Este lenguaje permite operaciones de vectores y matrices, funciones, cálculo lambda, y programación orientada a objetos.

1.4. Modo de captura y comunicación

La comunicación entre Matlab en la computadora y Arduino Uno se logra con el toolbox proporcionado por Matlab (MATLAB Support Package for Arduino Hardware, s.f.) que se descarga gratuita de la página oficial de Matlab.
Para la adquisición de los datos, se desarrolló un modelo matemático con la ayuda de las toolboxes de Matlab para comunicarnos a través del puerto serial del Arduino, por lo cual primero se establece la comunicación y se captan los datos obtenidos de los sensores por el microcontrolador. con el comando siguiente:

```
a = arduino('COM10','Uno','Libraries','I2C');
```

Realizado esto declaramos nuestros dos sensores de la siguiente manera:

```
imu = mpu6050(a,"I2CAddress",0x68,'SampleRate',50,'SamplesPerRead',500,'OutputFormat','matrix','ReadMode','latest');

imu2 = mpu6050(a,"I2CAddress",0x69,'SampleRate',50,'SamplesPerRead',500,'OutputFormat','matrix','ReadMode','latest');
```

En donde se declara que en el sensor mpu6050 del microcontrolador ’a’ (nuestro Arduino) tendremos dos direcciones I2C, ya que en Matlab viene por defecto con esta librería no es necesario declararla y solo le indicamos en qué dirección serial estarán siendo que por defecto la librería I2C nos permite un máximo de 2 direcciones I2C. A su vez también le indicamos que se desea una tasa de toma de datos de 500 tomas por segundo y 50 tomas por leída realizada.

1.5. Procesamiento de datos

Se empezó a procesar los datos con las fórmulas de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) utilizando los datos de aceleración absolutos de cada sensor para compensar la falta de calibración de fábrica de los sensores de la siguiente manera:

```
ax = abs(ax)…… (1)
ay = abs(ay)…… (2)
az = abs(az)……..(3)
ax2 = abs(ax2) ……(4)
ay2 = abs(ay2) ……..…..(5)
az2 = abs(az2) ……..…..(6)
```

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

Ya que estos datos del (1) al (6) los tenemos en términos de *" g" (*9,81 m/s^2) se convirtieron en unidades más comunes. El sensor MPU6050 puede dar lecturas de -32767 a +32767 unidades o bits, esto equivale de -2g a 2g *(Conociendo los rangos con los que está configurado nuestro MPU6050, dichos rangos pueden ser 2g/4g/8g/16g para el acelerómetro y 250/500/1000/2000(°/s) para el giroscopio. Los rangos por defecto (2g y 250°/s))*, por lo tanto, para convertir nuestros datos nos quedan las siguientes ecuaciones:

```
ax  = ax *(9807/16384)        (7)
ay  = ay *(9807/16384)        (8)
az  = az *(9807/16384)        (9)
```

Con esto convertimos nuestros datos de m/s^2 a mm/s^2 en el sensor uno y se repite este procedimiento para los datos del segundo sensor.

1.6. Cálculo de velocidad y desplazamiento

Además de conocer las frecuencias por la que está formada una vibración también se busca saber toda la información referente a la causa de la vibración y las consecuencias de esta, así que se calculó esta información de la siguiente manera:

$$t_{ax_m} = \left(\frac{0 : length(ax_m) - 1}{50} \right) \quad (10)$$

$$t_{ay_m} = \left(\frac{0 : length(ay_m) - 1}{50} \right) \quad (11)$$

$$t_{az_m} = \left(\frac{0 : length(az_m) - 1}{50} \right) \quad (12)$$

En donde estaremos normalizando los datos de aceleración tomados a tiempo en segundos, por ende, obtenemos que dividiremos la longitud de los datos de aceleración desde 0 hasta n y dividiremos entre las muestras leídas por vez.

```
vx = cumtrapz(taxm, axm);vx =abs(vx);
dx = cumtrapz (taxm, vx); dx = abs(dx);

vx = zeros(size(axm));
dx = zeros(size(vx));

for i = n: numel(axm)
vx(i) = mean(axm(i-n+1:i));
end

for i = n:numel(vx)
dx(i) = mean(vx(i-n+1:i));
end
```

Se aplica la función *"cumtrapz"* la cual realiza una integración acumulativa de nuestra variable normalizada y nuestra variable original en mm para luego volver absolutos nuestros datos y evitar valores negativos, por consiguiente haremos una matriz de ceros del tamaño de nuestra variable en mm/s^2 para luego ejecutar un ciclo *"for"* donde a esta matriz le asignemos la media de *"axm"* desde n hasta el último valor del tamaño de elementos de axm, para esto se usa la función *"numel"* que nos devuelve el número de elementos en una matriz o arreglo. Este proceso se repite para la variable de cada eje en los dos sensores y así se calculan la velocidad y el desplazamiento generado por la vibración.

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

1.7. Aplicación de la FFT

Dado que las señales obtenidas arrastran ruidos en la señal para lograr datos más precisos se aplica un filtro Butterworth paso alto de orden 5 que permitirá eliminar frecuencias altas que obtengamos al hacer una medición los primeros 5 ms ya que estos solo son ruidos causados al inicio sin referencia del sensor, quedando la codificación de la siguiente manera.

```
[num,den] = butter(n,wn,'high');
fax = filtfilt (num, den, axm);
fay = filtfilt (num, den, aym);
faz = filtfilt (num, den, azm);
```

Donde se tiene que "n" es el orden del filtro y wn es la frecuencia de corte normalizada que en este caso decidimos solo quitar las componentes fuera del intervalo de interés, tomando 500 Hz como frecuencia de referencia. Este filtro lo aplicamos a todas las variables que tenemos en mm y esto nos dará´ datos de veraces para la aplicación de la FFT.

```
TFx=fft(fax);
Ebx=abs(TFx/L);
Eux=Ebx(1:L/2+1);
Eux(2:end-1)=2*Eux(2:end-1);
```

Por último, se aplica la FFT a la señal ya filtrada y ya que al transformar la señal esta arrojará un espectro bilateral exactamente igual de ambos lados se puede eliminar cualquiera de los dos, solo que por mantener valores positivos se decidió conservar el lado positivo multiplicando la señal bilateral ya normalizada a la frecuencia de muestreo con los datos desde 1 hasta nuestra frecuencia de muestreo (*'L'*), al final obteniendo el espectro unilateral de la Transformada Rápida de Fourier.

RESULTADOS OBTENIDOS Y VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

En este apartado, se hace la comprobación de la eficiencia del dispositivo analizador de vibraciones con la FFT desarrollado con el equipo de vibraciones IRD Mechanalysis 880 del laboratorio de vibraciones de la institución, para ello comparamos los resultados de las pruebas de vibración.

1.8. Prueba 1 utilizando el equipo del laboratorio y el Analizador IRD Mechanalysis

Esta prueba se realizó en el laboratorio de vibraciones mecánicas del instituto tecnológico de Veracruz bajo la supervisión del jefe de este laboratorio, siguiendo el procedimiento estándar de lectura de datos con los sensores y equipo de balanceo del mismo laboratorio, utilizando el analizador IRD Mechanalysis modelo 880 (vea fig. 4 y 5).



Figura 4. Analizador IRD Mechanalysis modelo 880



Figura 5. Toma de datos de vibración en equipo de balanceo en le ITV

Los resultados obtenidos con el analizador IRD Mechanalysis mod. 880 fueron los siguientes:

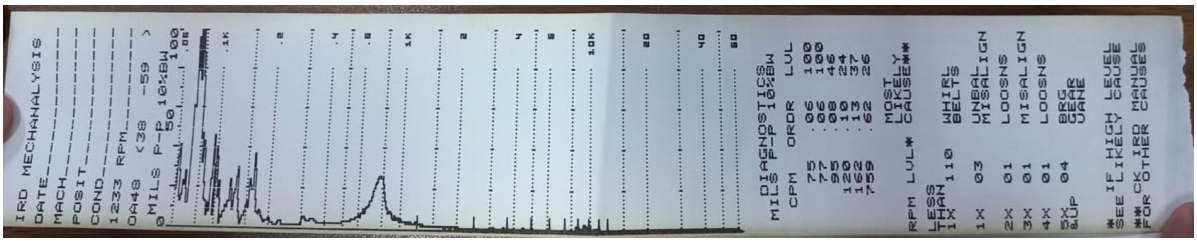


Figura 6. Resultados obtenidos con el analizador IRD MAchanalysis mod. 880.

Se puede apreciar que la frecuencia fundamental está colocada entre 600 y 1000 cps (ciclos por segundo) que convertido en Hertz obtendríamos:

$$759\,cps\left(\frac{1\,cps}{60\,Hz}\right)\approx 12.65\,Hz$$

Con esto se concluye que la frecuencia más notable en la vibración es la señal de 12,65 Hz (vea fig. 6).

1.9. Prueba 2. Utilizando el sistema de Análisis propuesto con Arduino UNO, MATLAB y Algoritmo FFT.

Aprovechando la misma máquina de balanceo dinámico y el analizador propuesto (vea fig. 7) se obtuvieron algunas mediciones (ver fig.8)



Figura 7. Esquema del proceso de medición aplicando el Matlab y la FFT.

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

Se hace notar que los sensores se posicionaron en amabas chumaceras donde apoyan el eje de la máquina de balanceo del laboratorio logrando los resultados de vibración de los dos sensores (vea fig. 8).

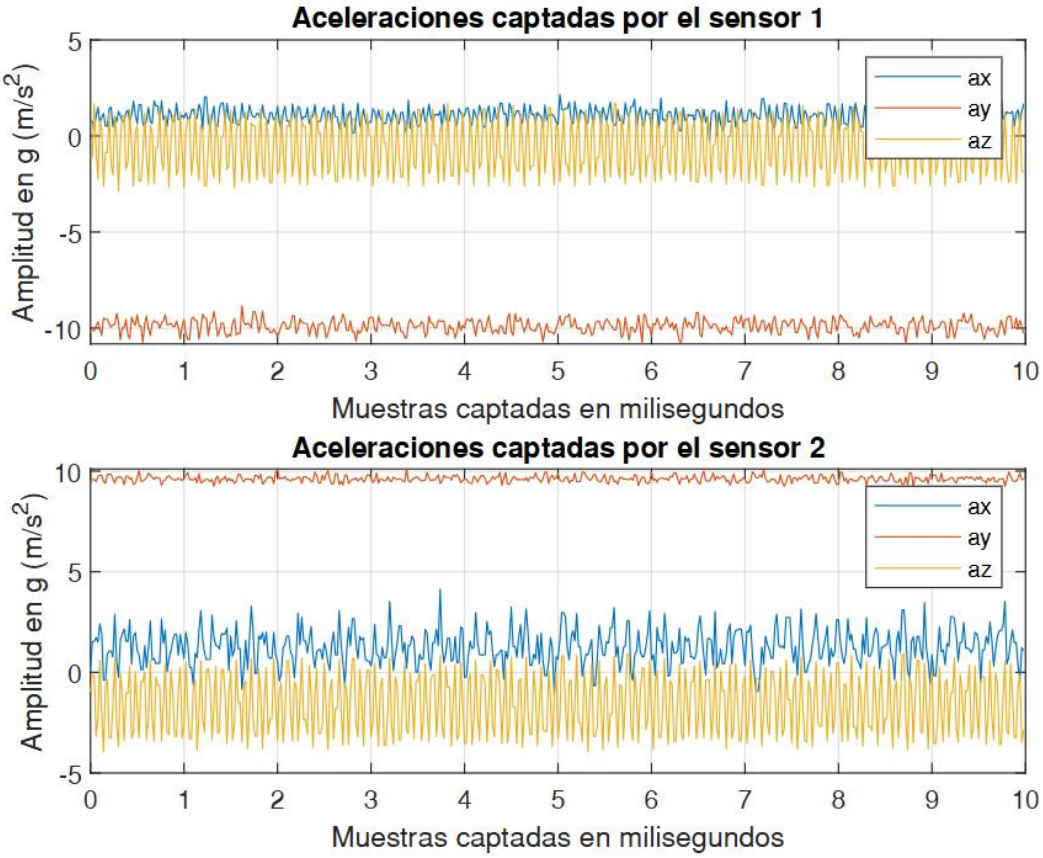


Figura 8. Vibraciones generales captadas por ambos sensores.

Y ahora al aplicar la transformada rápida de Fourier a las vibraciones captadas se obtiene para el sensor 1 la señal de frecuencia de mayor amplitud (vea fig. 9).

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

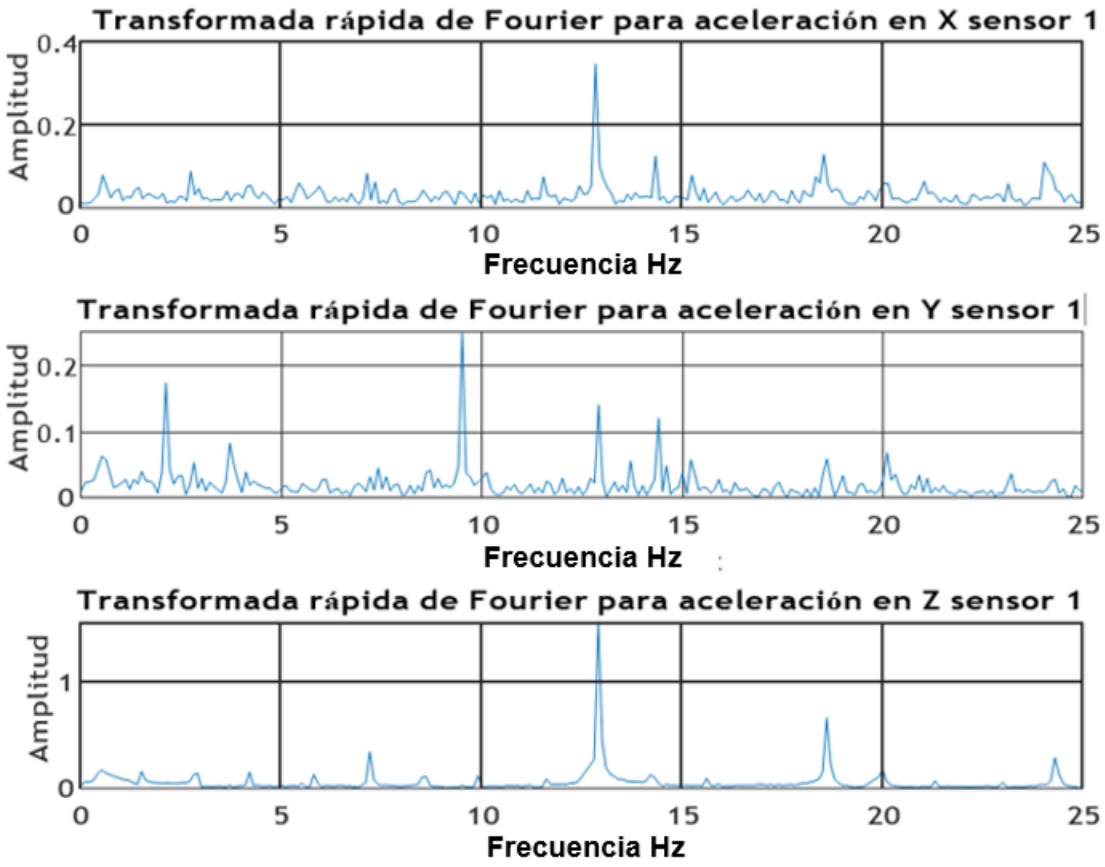


Figura 9. Transformada Rápida de Fourier para cada eje del sensor 1.

Como podemos observar el eje X o eje Z es el que mayor amplitud presenta y es justo lo que nosotros esperamos ya que el sensor en el eje está restringido de moverse en 2 direcciones dejando solamente una para vibrar de manera libre. Los datos que encontramos son justamente los que esperábamos, ya que amplitud mayor ocurre en la frecuencia entre 10 y 15 Hz aproximadamente de **12.65 Hz** valor semejante al de la prueba 1, con lo que podemos concluir que el nuestro analizador arroja resultados muy semejantes al del analizador IRD Mechanalysis del laboratorio de vibraciones.

1.10. Prueba 3. Efecto de la lubricación en las chumaceras

El objetivo de la prueba es corroborar los datos obtenidos con nuestro analizador y los datos que se obtienen del analizador de vibraciones en el laboratorio sobre un eje con chumaceras y observar el comportamiento de las vibraciones con y sin lubricante. Para ello de igual forma que con equipo de laboratorio y el nuestro se procedió a realizar este experimento con los resultados siguientes:

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH



Figura 10. Forma de tomar las mediciones en las chumaceras sin lubricante y con lubricante.

Resultados sin lubricantes:
Después de realizar un experimento sin lubricante en la chumacera (vea fig. 10) se obtuvieron los resultados siguientes:

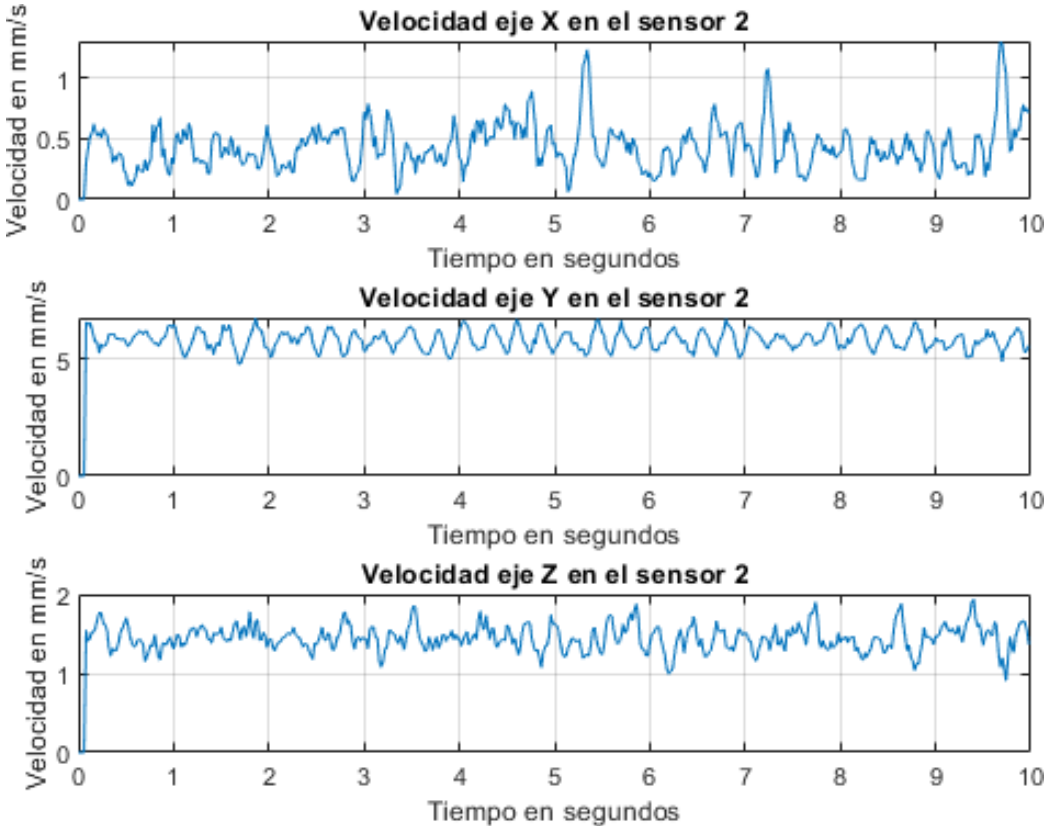


Figura 11. Velocidad de la señal de vibración sin lubricante con Matlab.

Esto nos demuestra que en efecto en el eje" Z" el pico de vibración es mayor que todos (vea fig. 12 y 13).

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

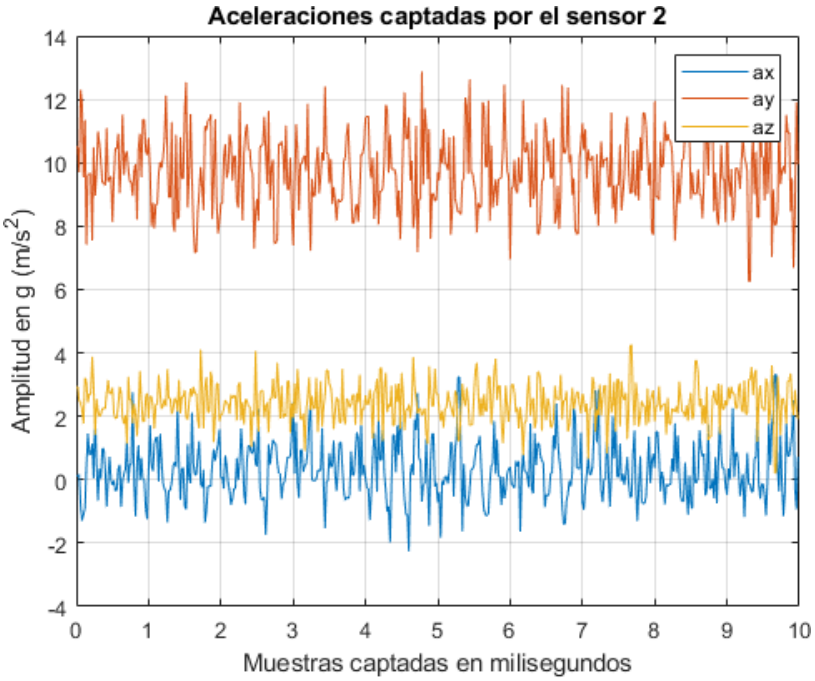


Figura 12. Aceleración de la señal Vibración sin lubricante con Matlab.

Siendo el espectro de Fourier muy similar a los obtenidos en condiciones similares del pasado experimento, con condiciones de velocidad del motor.

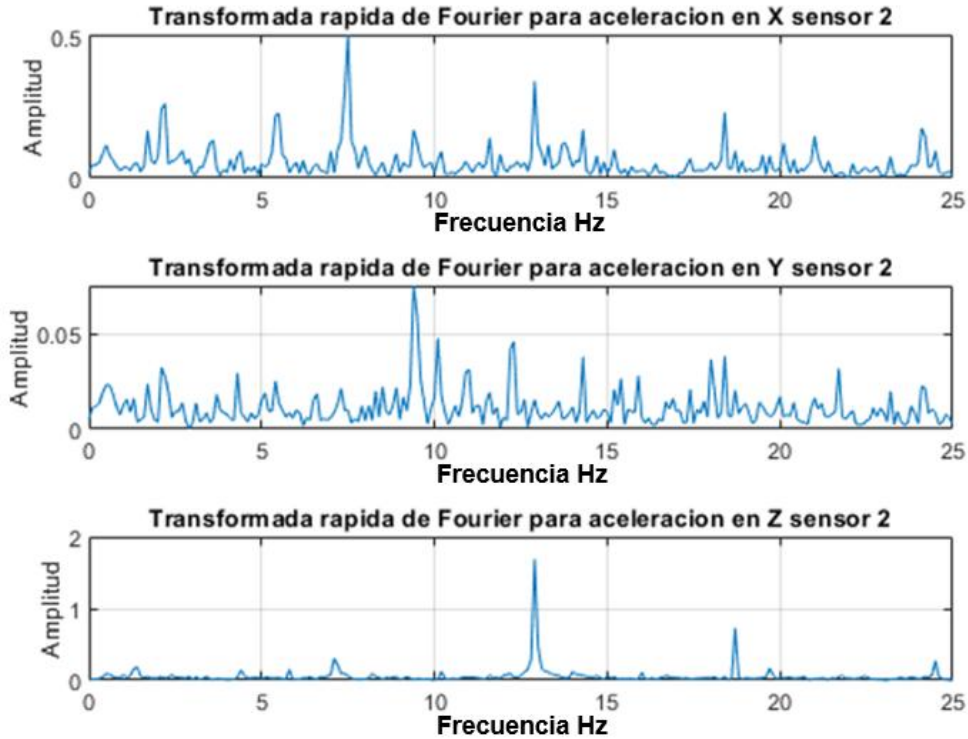


Figura 13. Espectro de Fourier de la señal de vibración con Matlab.

Los datos que arrojo el estudio son justamente los que esperábamos, se encontró que (en el eje "z") el pico más alto se localizó en la frecuencia entre 10 y 15 Hz aproximadamente 12.65 Hz nuevamente

DISCUSIÓN.

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

Los resultados que se obtuvieron de las pruebas experimentales, pueden establecer un análisis crítico el en desempeño del analizador de vibraciones propuesto, en este sentido, los alcances y limitaciones fungen como una pertenencia educativa en el ámbito industrial.

En este orden de ideas, la validación del analizador IRD Mechanalysis 880 mostro una correspondencia en la frecuencia fundamental detectada, ubicada en el torno a los 12.65 Hz, por lo que, en este sentido, se sugiere que el sistema Arduino-MATLAB-FFT tiene las capacidades de identificar componentes frecuenciales en máquinas rotativas de baja velocidad, esto representa un avance significativo, al utilizar recursos limitados, caso particular de las instituciones educativas.

Por su parte, uno de los avances más significativos del trabajo presentado es, desde luego, la aplicabilidad en el ámbito educativo, pues, la implementación de un analizador de vibraciones de bajo costo y lúdico permitirá a los estudiantes comprender y poner en práctica los fundamentos espectrales, la adquisición de datos y el mantenimiento preventivo, esto puede aumentar la vida útil de los equipos, al detectar variaciones en las vibraciones que pueden representar, por ejemplo. Que la vida útil de los rodamientos está por llegar a su final.

Sin embargo, las limitantes del presente estudio y para que tenga un impacto profundo, se recomienda a futuros investigadores lo siguiente:

- Documentar las limitaciones y alcances del ancho de banda, resolución y ruido que puede contaminar los resultados.
- Incluir procedimientos de calibración y verificación
- Incorporar las incertidumbres en las mediciones y el proceso estadístico completo.
- Desarrollar más prácticas de laboratorio guiadas que comparen los resultados del prototipo con los equipos comerciales de competencia directa.
- Cumplir con los requisitos de las normas internacionales ISO, por citar algunas ISO 13373 e ISO 10816, ambas establecen los requisitos de exactitud, repetibilidad y trazabilidad que un prototipo de este sentido debe cumplir y, un Arduino, no podrá ofrecerlo.

CONCLUSIONES

El desarrollo y validación de un analizador de vibraciones capaz de generar resultados comparables a los obtenidos por analizadores profesionales industriales representa un avance significativo en el campo de la monitorización y mantenimiento de maquinaria. Este logro no solo demuestra la viabilidad de la tecnología de análisis de vibraciones de bajo costo, sino que también abre nuevas posibilidades en términos de accesibilidad y asequibilidad para un amplio espectro de industrias.

El hecho de que este analizador de vibraciones haya demostrado su capacidad para proporcionar mediciones precisas y confiables no solo facilita el diagnóstico temprano de problemas en maquinaria, sino que también contribuye a la reducción de costos operativos y al aumento de la eficiencia en las operaciones industriales. Además, la capacidad de obtener resultados comparables a los de equipos profesionales respalda su utilidad en aplicaciones industriales críticas, donde la precisión y la confiabilidad son de suma importancia.

En última instancia, esta investigación subraya la importancia de la innovación en el desarrollo de tecnologías asequibles y accesibles que puedan mejorar la eficiencia y la seguridad en la industria. Este avance representa un paso adelante hacia un futuro en el que las empresas de todos los tamaños puedan aprovechar al máximo el análisis de vibraciones para garantizar un funcionamiento óptimo de sus equipos y, al mismo tiempo, reducir el impacto ambiental y los costos asociados con el mantenimiento preventivo y la sustitución de maquinaria. El camino hacia una industria más inteligente y sostenible se ha vuelto un poco más claro gracias a esta contribución en el campo de la monitorización de vibraciones.

REFERENCIAS.

1. Antoni, J. (2007). Fast computation of the kurtogram for the detection of transient faults. *Mechanical Systems and Signal Processing, 21*(1), 108-124.
2. Bently, D. E., & Hatch, C. T. (2002). *Fundamentals of rotating machinery diagnostics*. Bently Nevada Corporation.
3. Budynas, R., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mc Graw Hill.
4. Cadenas, C. d. (8 de octubre de 2021). *SKF cadenas de transmisión de potencia*. https://www.skf.com/mx/products/power-transmission/chains
5. Hamrock, B. (2000). *Elementos de máquinas* (1.ª ed.). Mc Graw Hill.

6. Harris, F. J. (1978). On the use of windows for harmonic analysis with the discrete Fourier transform. *Proceedings of the IEEE, 66*(1), 51-83.
7. International Organization for Standardization. (1995). *Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 1: General guidelines* (ISO 10816-1:1995) [Ficha de catálogo]. Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.iso.org/standard/18866.html
8. International Organization for Standardization. (2002). *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 1: General procedures* (ISO 13373-1:2002) [Ficha de catálogo]. Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.iso.org/standard/21831.html
9. International Organization for Standardization. (2009). *Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ* (ISO 10816-3:2009) [Ficha de catálogo]. Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.iso.org/standard/50528.html
10. International Organization for Standardization. (2016a). *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 2: Processing, analysis and presentation of vibration data* (ISO 13373-2:2016) [Ficha de catálogo]. Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.iso.org/standard/68128.html
11. International Organization for Standardization. (2016b). *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 1: General guidelines* (ISO 20816-1:2016) [Ficha de catálogo]. Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.iso.org/standard/63180.html
12. International Organization for Standardization. (2022). *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 3: Industrial machinery with a power rating above 15 kW and operating speeds between 120 r/min and 30 000 r/min* (ISO 20816-3:2022) [Ficha de catálogo]. Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.iso.org/standard/78311.html
13. InvenSense. (2011). *MPU-6000 and MPU-6050 product specification* (PS-MPU-6000A-00, revisión 3.1, 24 de octubre de 2011). https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Components/General%20IC/PS-MPU-6000A.pdf
14. JCGM. (2012). *International vocabulary of metrology: Basic and general concepts and associated terms (VIM)* (3.ª ed., JCGM 200:2012). https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_200_2012.pdf
15. MathWorks. (2026a). *abs: Absolute value and complex magnitude* (Documentación R2026b). Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/double.abs.html
16. MathWorks. (2026b). *butter: Butterworth filter design* (Documentación R2026b). Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.mathworks.com/help/signal/ref/butter.html
17. MathWorks. (2026c). *cumtrapz: Cumulative trapezoidal numerical integration* (Documentación R2026b). Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/cumtrapz.html
18. MathWorks. (2026d). *fft: Fast Fourier transform* (Documentación R2026b). Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/fft.html
19. MathWorks. (2026e). *filtfilt: Zero-phase digital filtering* (Documentación R2026b). Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.mathworks.com/help/signal/ref/filtfilt.html
20. MathWorks. (2026f). *Integration of numeric data* (Documentación R2026b). Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.mathworks.com/help/matlab/math/integration-of-numeric-data.html
21. MathWorks. (2026g). *mpu6050: Connect to MPU-6050 sensor on Arduino hardware I2C bus* (Documentación R2026b). Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.mathworks.com/help/matlab/supportpkg/arduinoio.mpu6050-system-object.html
22. MathWorks. (2026h). *read: Read data from sensor* (Documentación R2026b). Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.mathworks.com/help/matlab/supportpkg/mpu9250.read.html
23. MathWorks. (s.f.). *MATLAB Support Package for Arduino Hardware*. Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/47522-matlab-support-package-for-arduino-hardware
24. Moebs, W., Ling, S. J., & Sanny, J. (2016). *University physics volume 1*. OpenStax. https://openstax.org/books/university-physics-volume-1/pages/3-6-finding-velocity-and-displacement-from-acceleration
25. Randall, R. B. (2011). *Vibration-based condition monitoring: Industrial, automotive and aerospace applications*. John Wiley & Sons.
26. SciPy. (2026a, 19 de junio). *butter* (Documentación, versión 1.18.0). Recuperado el 14 de octubre de 2026, de https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.signal.butter.html
27. Wilson, J. S. (2010). *Sensor technology handbook*. Elsevier.

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

FINANCIACIÓN
"Sin financiación" para el desarrollo de esta investigación".

INCOMPATIBILIDAD
"Ninguno" no existe ningún conflicto de intereses".

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:
Conceptualización: Vicente M. Díaz de León Santiago
Curación de datos: Alfredo Gutiérrez García
Análisis formal: Alfredo Gutiérrez García/ Dirk Hans Krakaur Floranes
Investigación: Vicente M. Díaz de León Santiago/ Vicente Díaz de León Eugenio
Metodología: Vicente M. Díaz de León Santiago/ José Antonio Garrido Natarén
Gestión de proyectos: Alfredo Gutiérrez García
Recursos: Vicente M. Díaz de León Santiago/ Dirk Hans Krakaur Floranes
Software: Vicente M. Díaz de León Santiago/ Vicente Díaz de León Eugenio
Supervisión: José Antonio Garrido Natarén/ Vicente Díaz de León Eugenio
Validación: Vicente M. Díaz de León Santiago/ Dirk Hans Krakaur Floranes
Mostrar: Vicente M. Díaz de León Santiago
Redacción - borrador original: Vicente M. Díaz de León Santiago
Redacción - corrección y edición: Alfredo Gutiérrez García/ Dirk Hans Krakaur Floranes

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH