

2006 **NI Technical Symposium**

PROFESSIONAL DEVELOPMENT SERIES FOR ENGINEERS

Monitoreo de Maquinaria para las Masas: Lo que su Equipo Intenta Decirle



ni.com



¿Qué le diría una máquina a usted si pudiera?



Si me descompongo, te costará \$20,000/hora.



Ordena una bomba de agua nueva para mí.



Mis soportes están desgastados, fallarán en 24 horas.



Requiero un balanceo.



ni.com

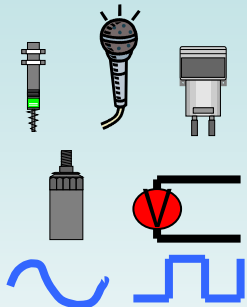
¿Qué se requiere para que su máquina “hable”?



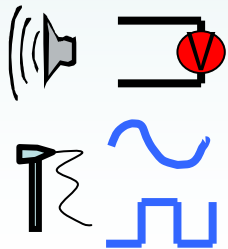
Componentes de Monitoreo de Máquinas

Sensores

Señales de Entrada



Señales de Salida

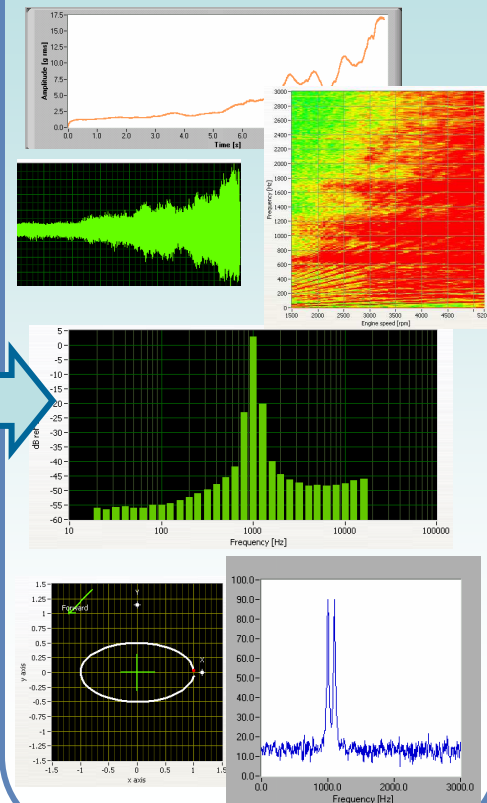


Adquisición de Datos

Acondicionamiento
de Señales

A/D
D/A
DIO
TIO

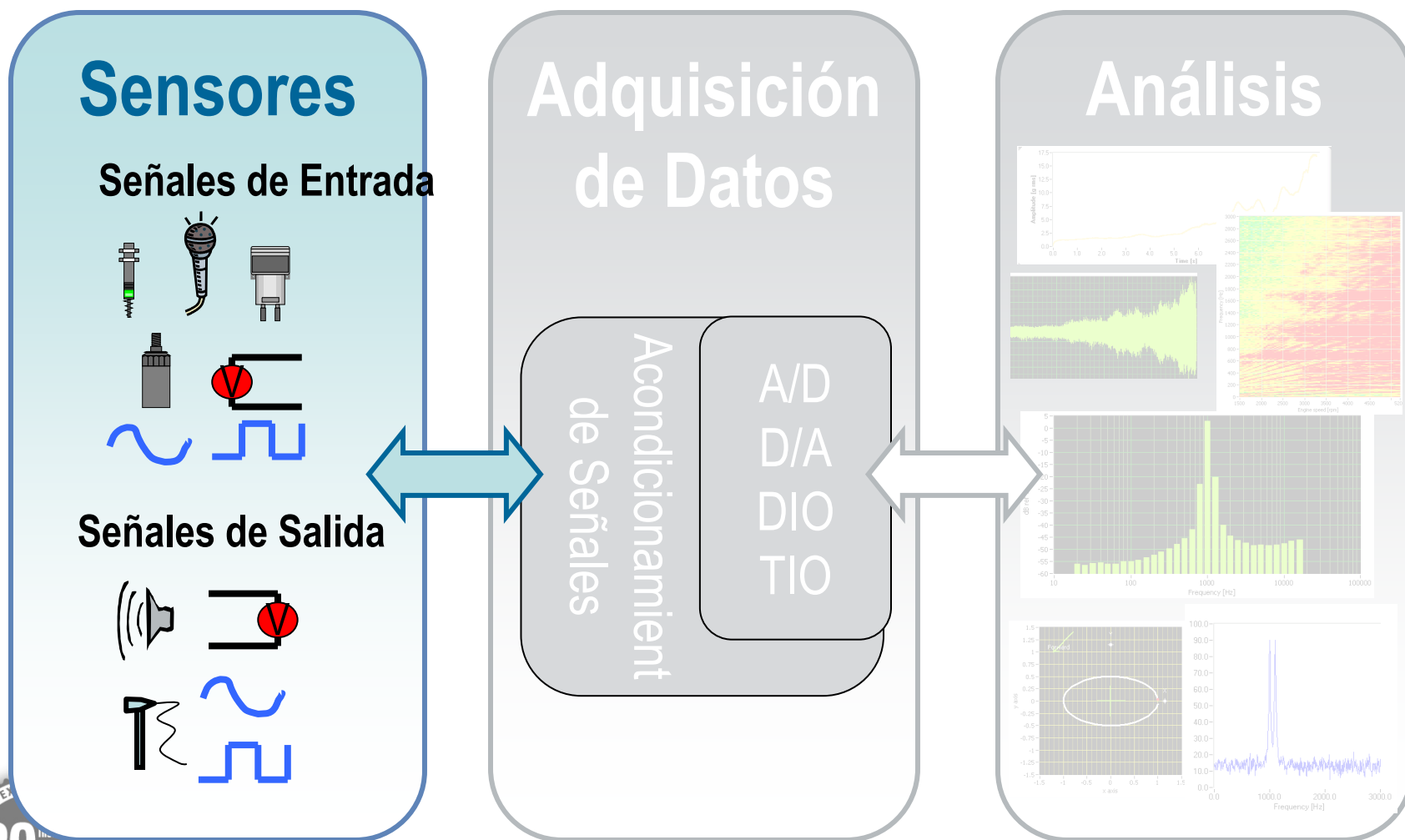
Análisis



ni.com

 NATIONAL
INSTRUMENTS™

Componentes de Monitoreo de Máquinas



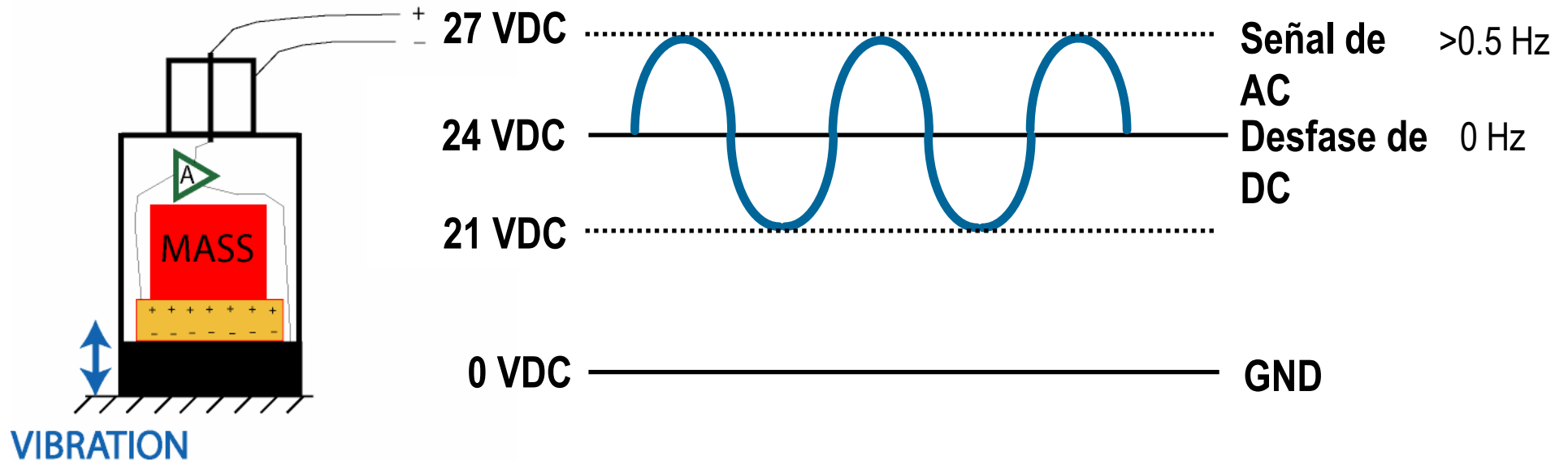
Acelerómetros



- Miden
 - Aceleración
 - Velocidad y desplazamiento (vía integración versus tiempo)
- El resultado está expresado en unidades de g o m/s^2
 - $1 g$ = aceleración en la superficie de la tierra
 - $1 g = 9.81 m/s^2$
- Construcción
 - Acero inoxidable, soldado, aislado, sellado
- Rangos de sensibilidad
 - $50 mV/g$, $100 mV/g$, $200 mV/g$, $500 mV/g$



Operación del Acelerómetro



- Al exponerse a la vibración, el acelerómetro genera una señal de salida analógica, proporcional a la aceleración de la vibración aplicada
- Excitación: Corriente constante de 2 a 20 mA; 18 a 30 VDC



Puntas de Proximidad

- Miden
 - Distancia o desplazamiento
- El resultado está expresado en unidades *o mm*
 - 1 mil = 0.001 in.
- Usos
 - Vibración de baleros, desbalanceo, falta de alineación
- Rangos de sensibilidad
 - 50 mV/mil, 200 mV/mil

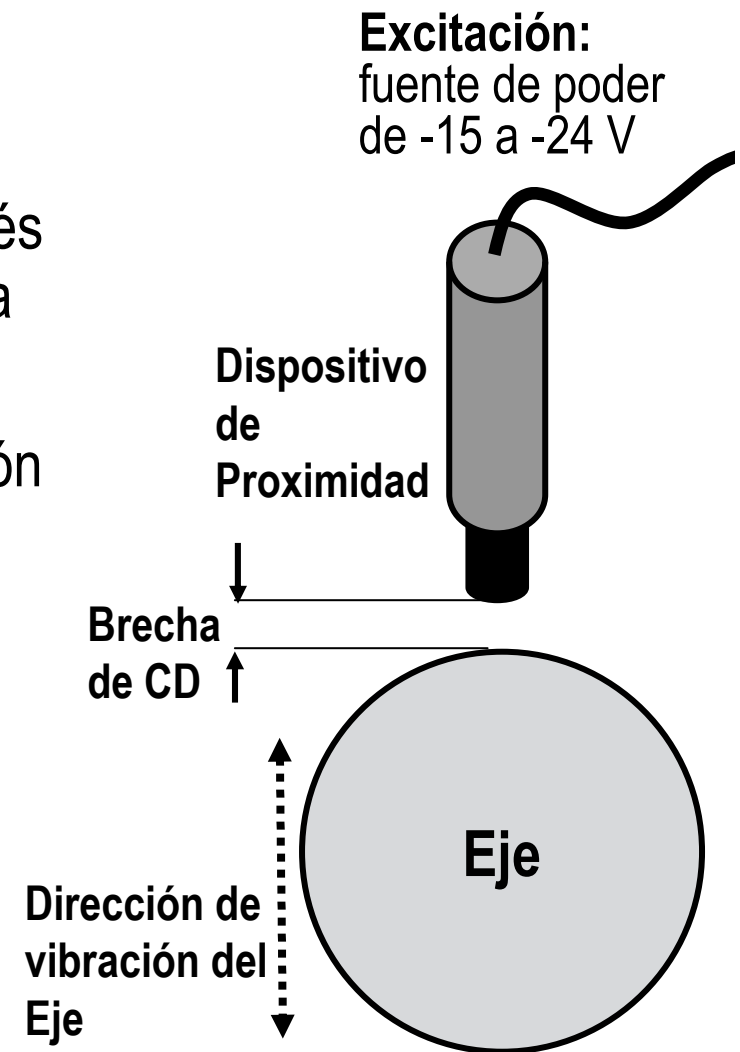


Imagen, cortesía de Metrix Corp.



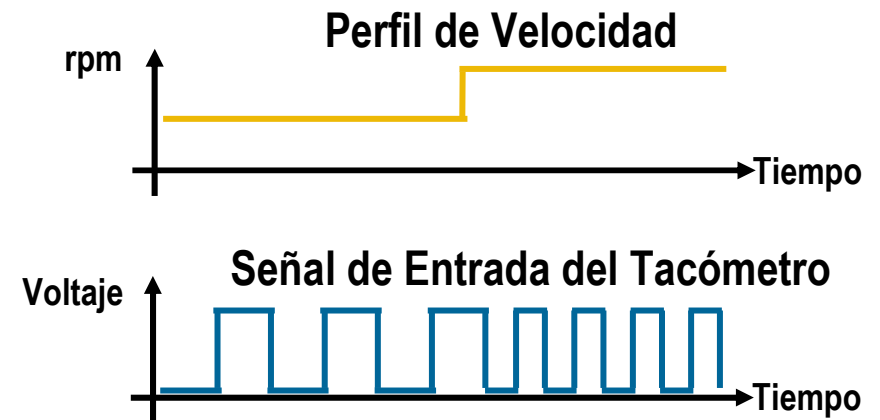
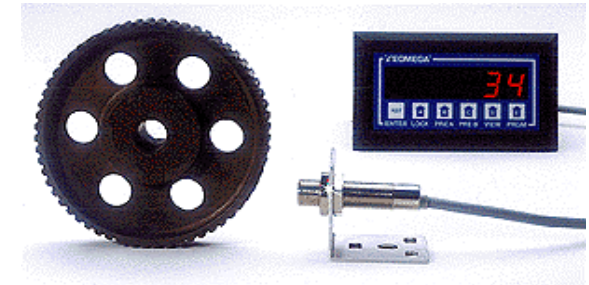
Operación de Puntas de Proximidad

1. Una señal RF de alta frecuencia es generada por un oscilador/desmodulador enviado a través de un cable de extensión y radiado de la punta
2. Corrientes se inducen en la superficie del eje
3. El oscilador/desmodulador extrae la información original de la señal y proporciona:
 1. Un voltaje de DC donde la porción de DC es directamente proporcional a la brecha (distancia)
 2. Una señal de AC es directamente proporcional a la vibración



Tacómetros

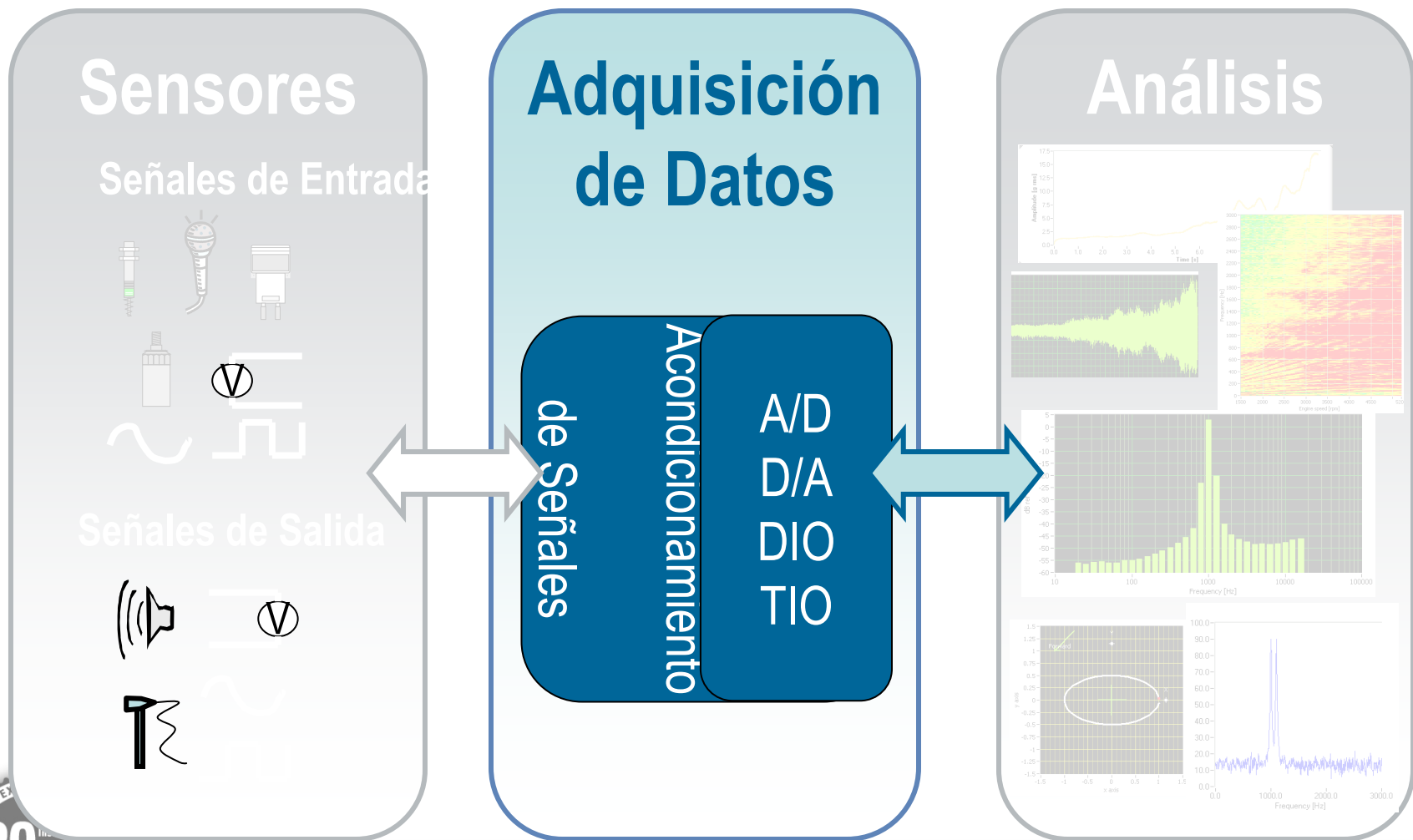
- Miden
 - posición y velocidad angular (rpm)
- Salida
 - Onda cuadrada /tren de pulso (tacómetro analógico)
- Excitación
 - Varía según el tipo: laser, fasor clave (punta de proximidad)



Tacómetro Láser, cortesía de PCB Piezotronics



Componentes de Monitoreo de Máquinas



Señales Dinámicas versus Estáticas

La Diferencia está en el Análisis, No en las Características de las Señales

Señales Dinámicas

El análisis involucra el contenido espectral de la señal

- Espectro de potencia/FFT
- Análisis de orden

Señales Estáticas

El análisis involucra amplitud de señales y no el dominio de frecuencia

- Tendencias
- Nivel/amplitud

Señales de Vibración de Máquina

Comprender estas diferencias es importante ya que cada tipo de señal tiene diferentes requerimientos de adquisición.



Consideraciones para Adquirir Señales Dinámicas

D Rango **D**inámico Alto

Asegura el no perderse los componentes de baja amplitud

S Muestreo **S**imultáneo de Múltiples Canales

Conserva la información de fases para el análisis de orden y balanceo

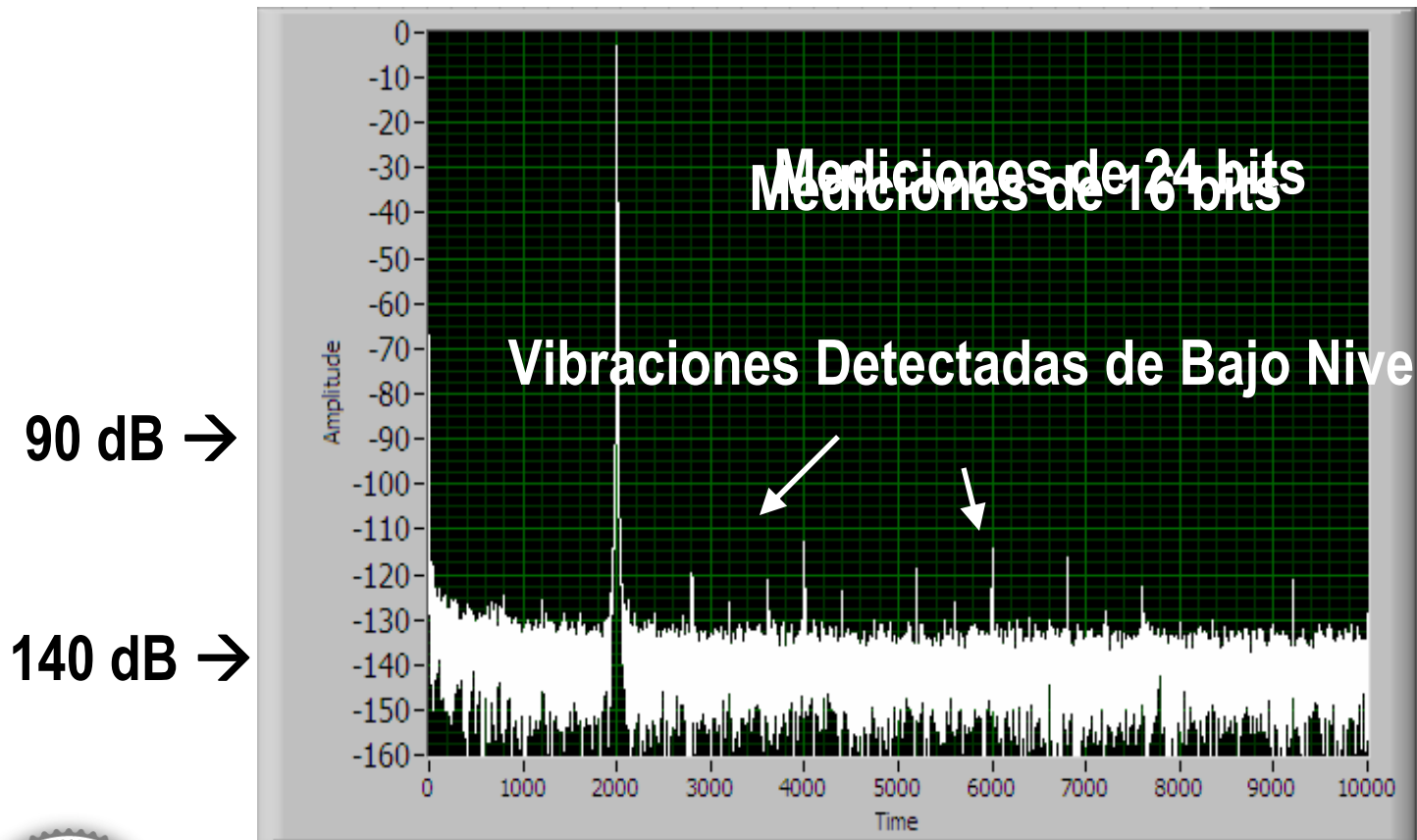
A Anti-**A**liasing

Evita agregar componentes de señales falsas a su medición



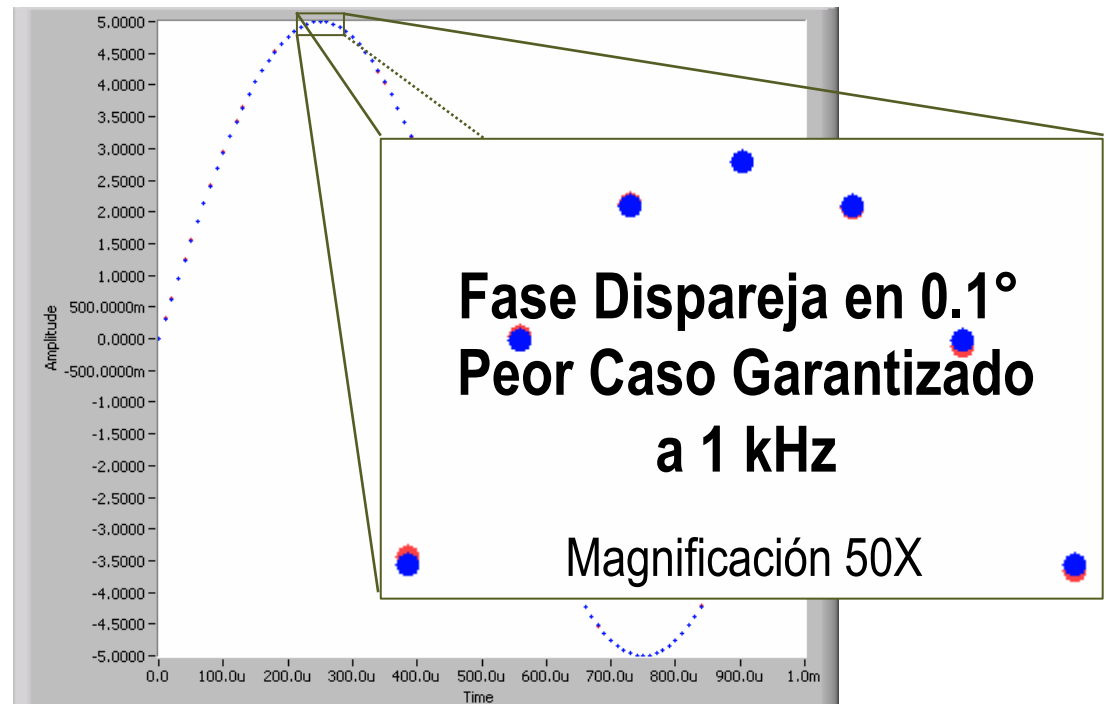
Resolución A/D y Rango Dinámico

Con el rango dinámico amplio, puede detectar al mismo tiempo tanto componentes de señales fuertes como débiles.



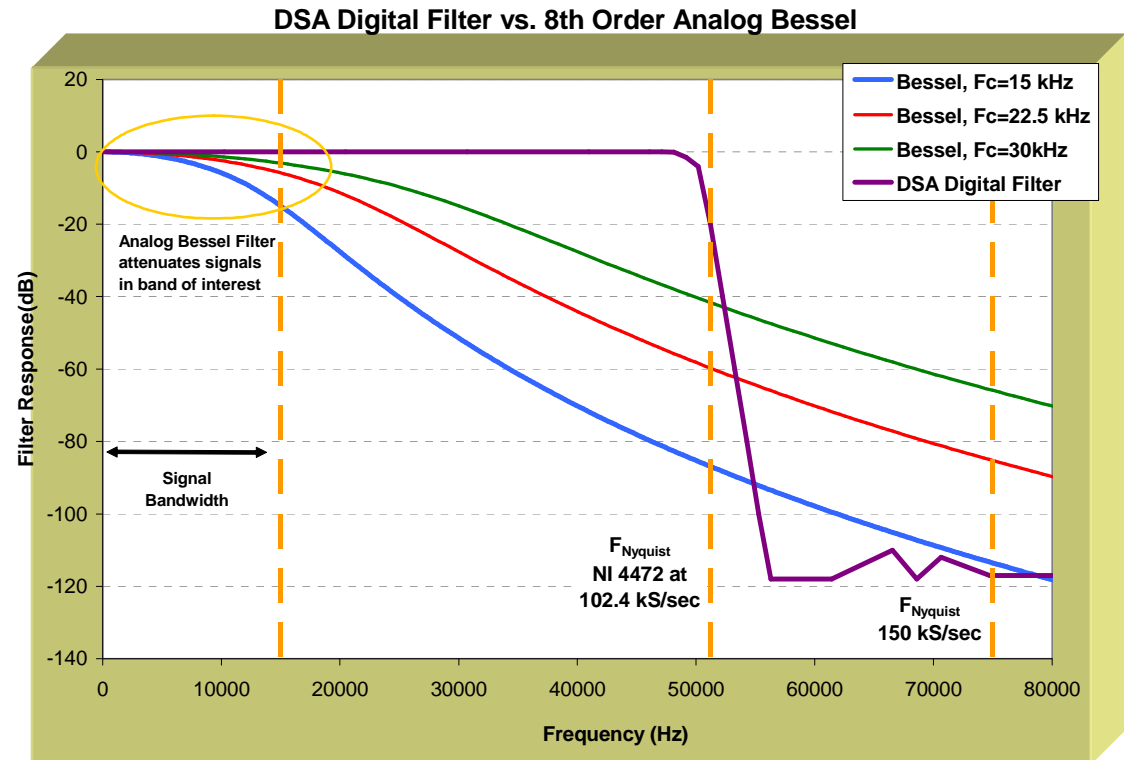
Muestreo Simultáneo de Canales Múltiples

- La conversión A/D se desempeña en el mismo instante de 2 a 5,000 canales
- Sin distorsiones entre canales para garantizar emparejamiento de fases
- Requerido para
 - Gráficas de órbita
 - Sincronización de tacómetro
 - Balanceo
 - Análisis de orden



Filtro Anti-Aliasing

- Remueve más componentes de frecuencia que la frecuencia Nyquist
- Requiere desempeñarse antes de digitalizar la señal
- Mezcla de filtros analógicos y digitales
- Características requeridas:
 - Respuesta de frecuencia plana en banda
 - Buen rechazo de distorsiones de alta frecuencia
 - Rápido desenvolvimiento en bandas de transición



Plataformas NI para Monitoreo de Máquinas

Diagnósticos de Máquina: NI CompactDAQ

Para de adquisición de datos de desempeño en línea

- *Fácil de usar*
 - Hi-Speed USB Plug-and-Play para transferencia continua de datos
 - Desempeña análisis en su PC y almacenar datos de vibración transitorios y de periodos largos
- *Portátil*
 - Factor de forma pequeño (25 x 9 x 9 cm)
 - <1.5 kg



- *Capacidades de Medición*
 - Hasta 32 acelerómetros IEPE y canales de puntas de proximidad
 - A/D de 24 bits con análisis de frecuencia de hasta 20 kHz

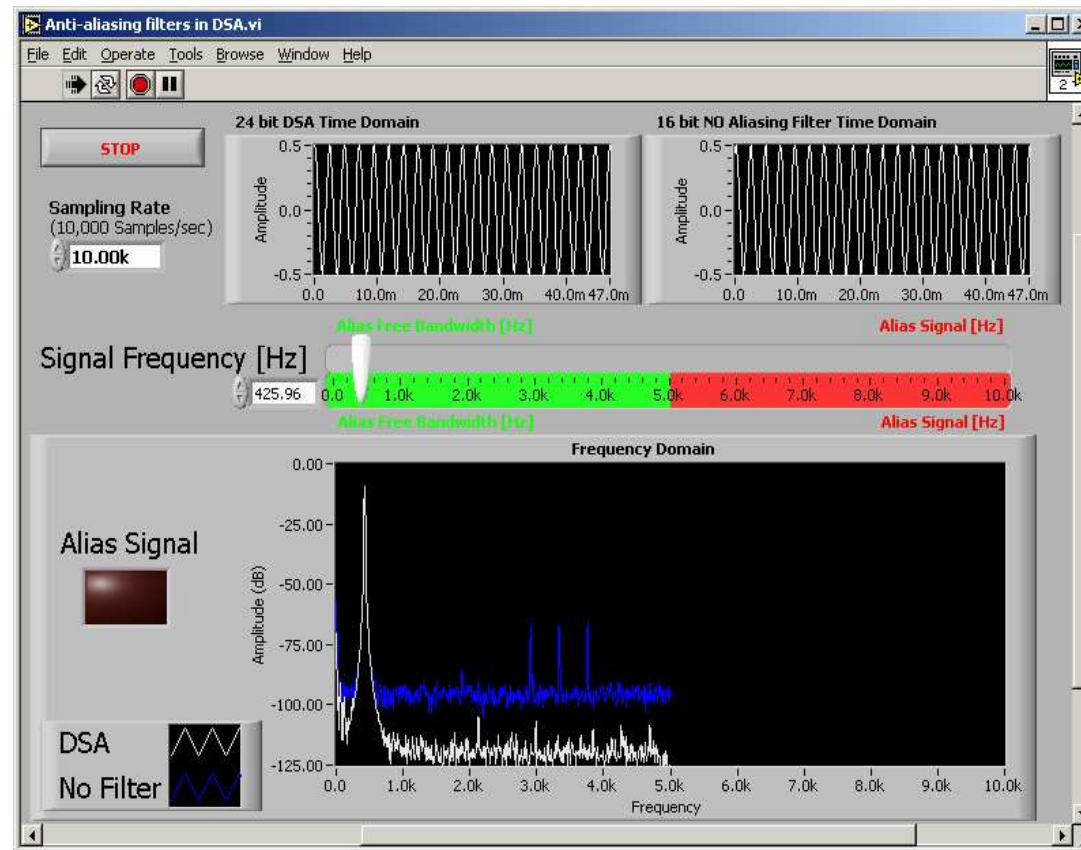
Monitoreo Embebido: CompactRIO

Para instalación de protección y apagado de máquinas

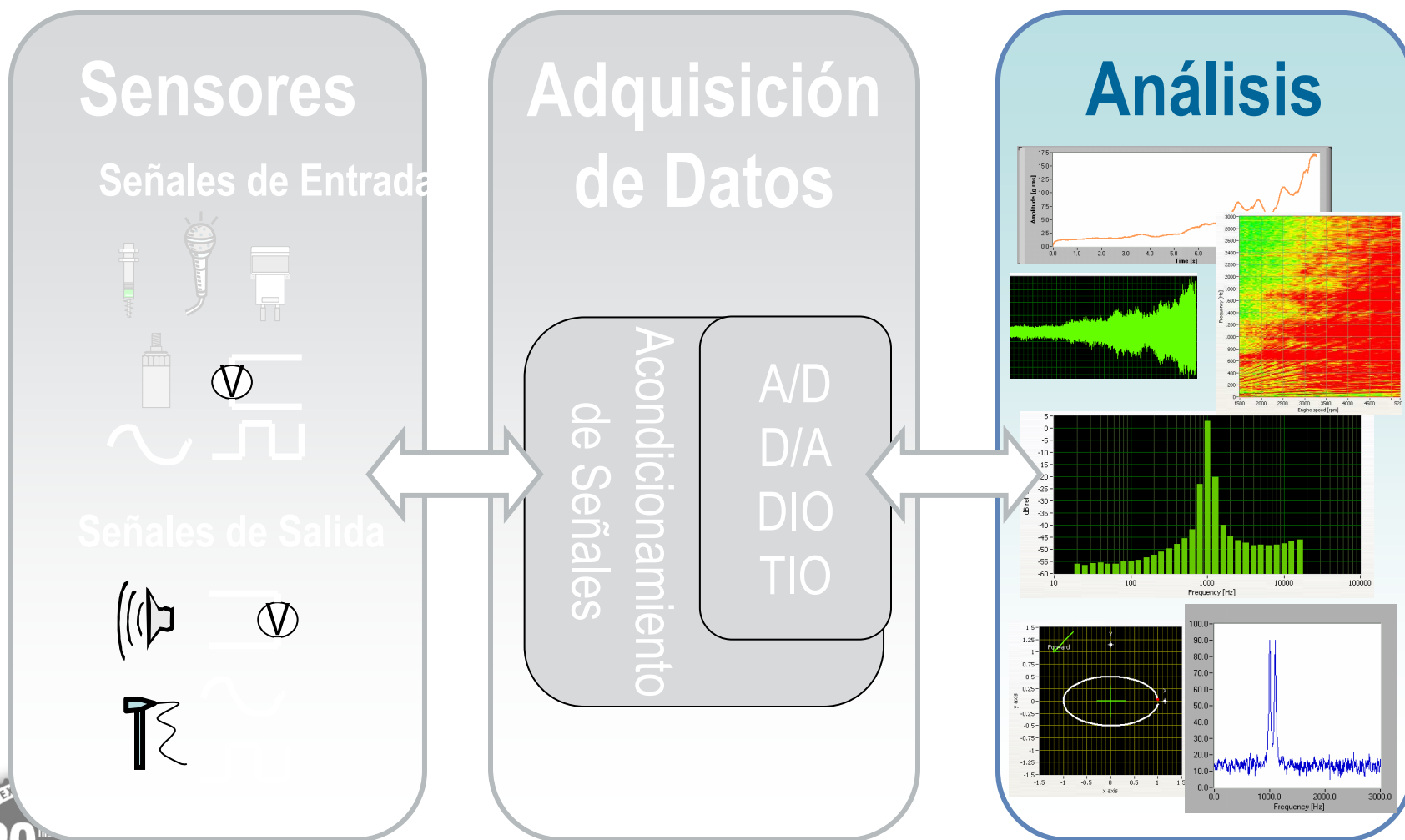
- *Robusto, listo para desplegar en ambientes hostiles*
 - Clase 1, Div 2 con certificación ATEX
 - Calificación de shock de 50 g
- *Embebido*
 - Control FPGA confiable
 - Procesador en tiempo real para análisis independiente



Demo – Adquisición de Acelerómetro y Tacómetro con NI CompactDAQ



Componentes de Monitoreo de Máquinas



Análisis de Monitoreo de Máquinas

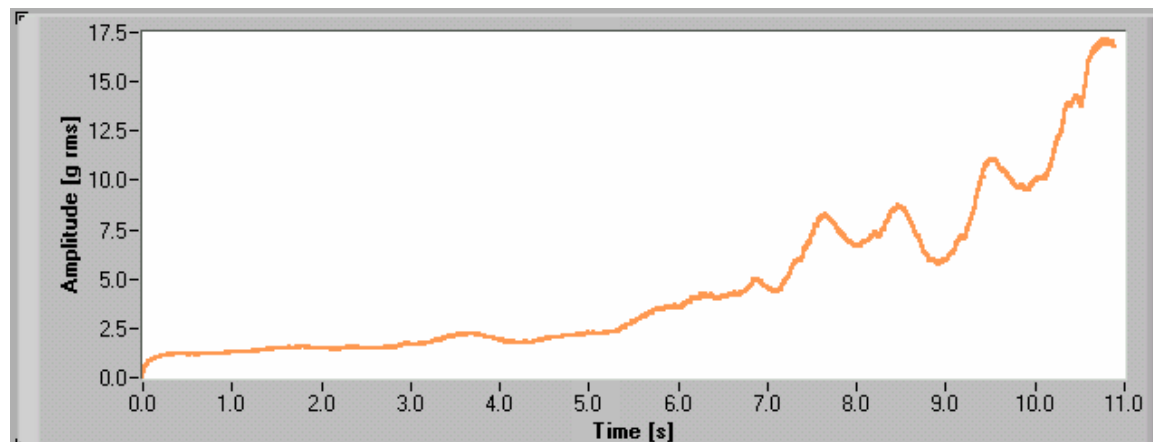
- Mediciones en el Dominio del Tiempo
 - Nivel de Vibración
- Mediciones en el Dominio de la Frecuencia
 - Espectro de Potencia
- Análisis de Orden
 - Espectro de orden
 - Seguimiento de orden



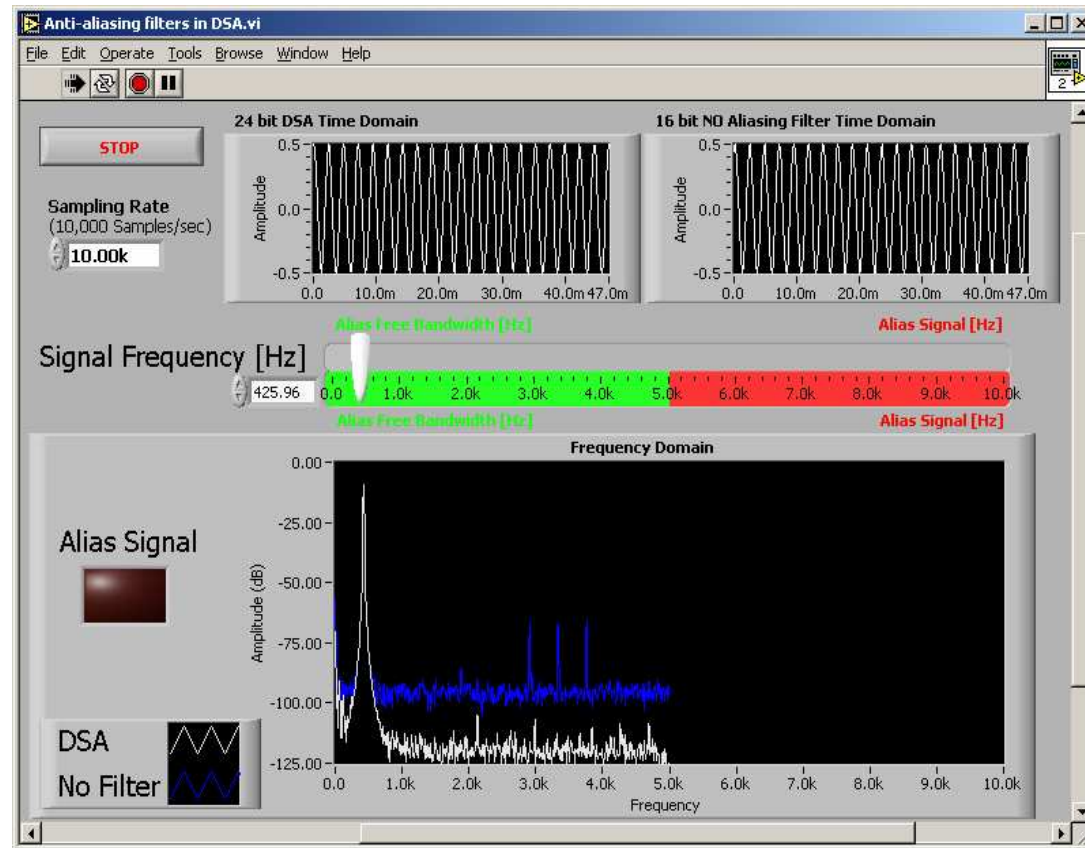
Mediciones de Nivel de Vibración



- Integración sencilla y doble (cálculos de velocidad y desplazamiento)
- g_{rms}
- Pico (real o calculado)
- Pico a pico (real o calculado)
- Referencia de $1 \mu g$

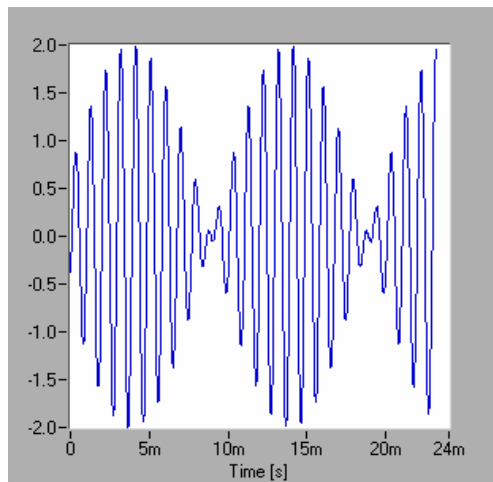


Demo – Tendencia de Nivel de Vibración



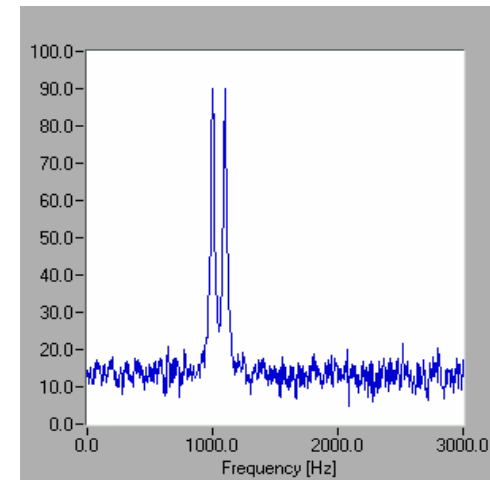

Análisis de Frecuencia

- La Transformada Rápida de Fourier (FFT) convierte la señal de dominio de tiempo en dominio de frecuencia



Señal con Dominio de Tiempo

FFT



Espectro

- FFT de banda base, zoom, y subconjunto
- Lograr >800 líneas de resolución



Consideraciones de Análisis de Frecuencia

1. La mayor frecuencia que puede analizarse es dictaminada por el teorema de Nyquist

Mayor Frecuencia de Análisis

$$F_{\max} = \frac{f_s}{2}$$

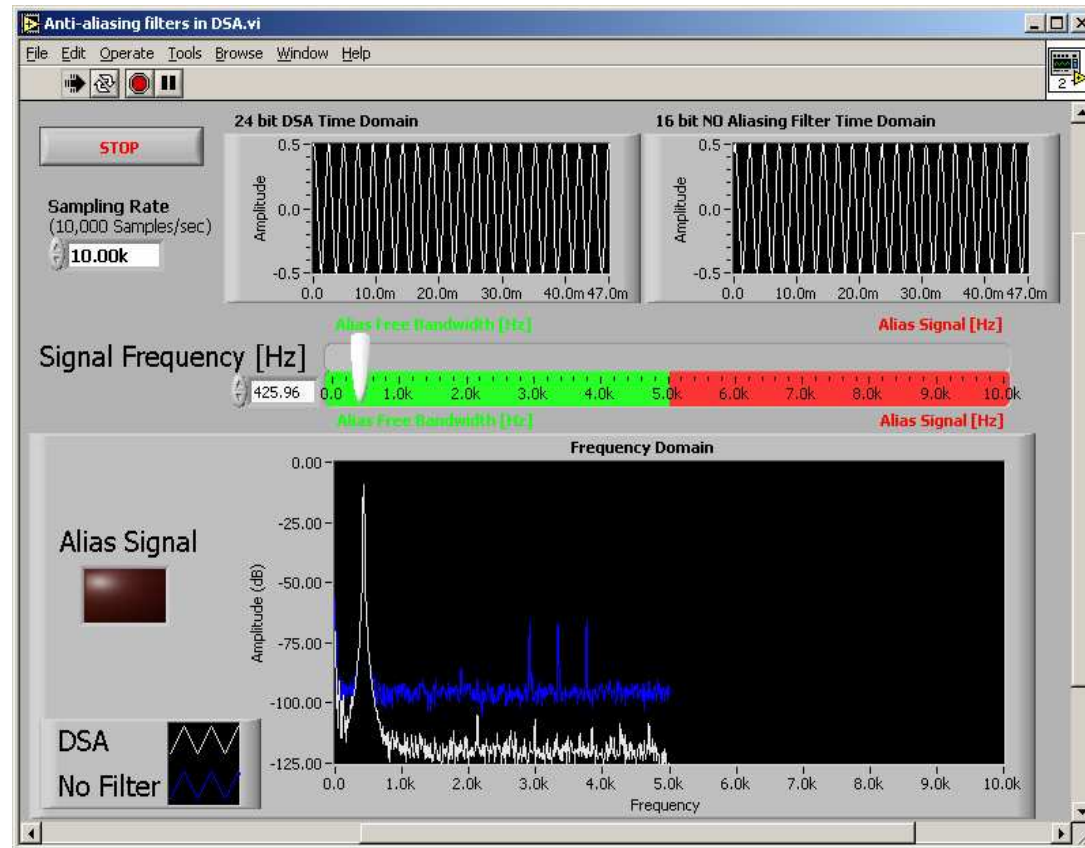
2. La resolución de frecuencia está relacionada con el tiempo de adquisición, el cual está relacionado con la frecuencia de muestreo y el tamaño del bloque

Resolución de Frecuencia

$$\Delta f = \frac{1}{T} = \frac{f_s}{N}$$



Ejemplo – FFT Banda Base



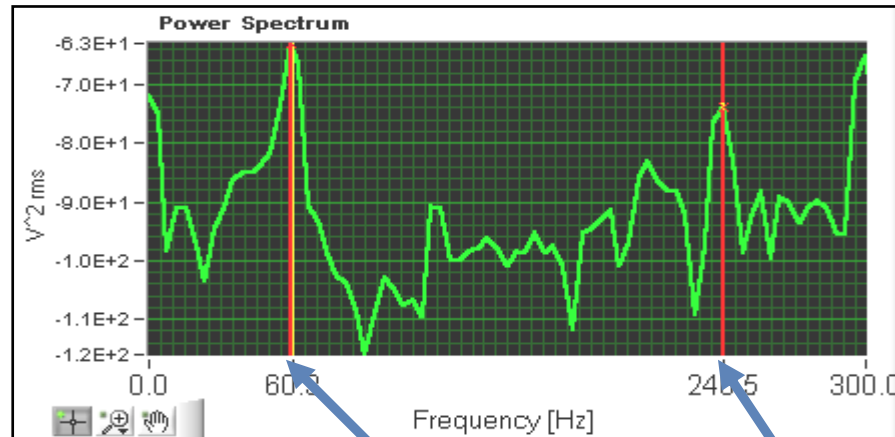
Análisis de Orden

- Como el análisis de frecuencia, es usado para examinar el contenido de frecuencia
- Sin embargo, el análisis de orden normaliza las mediciones a una velocidad rotacional de maquinaria para medir mejor estos componentes de señales
- Muchos componentes de señales de vibración están directamente relacionadas con la velocidad de ejecución (rotacional):
 - Desbalanceo, mala alineación, unión de anillos, defectos de uniones, uniones sueltas



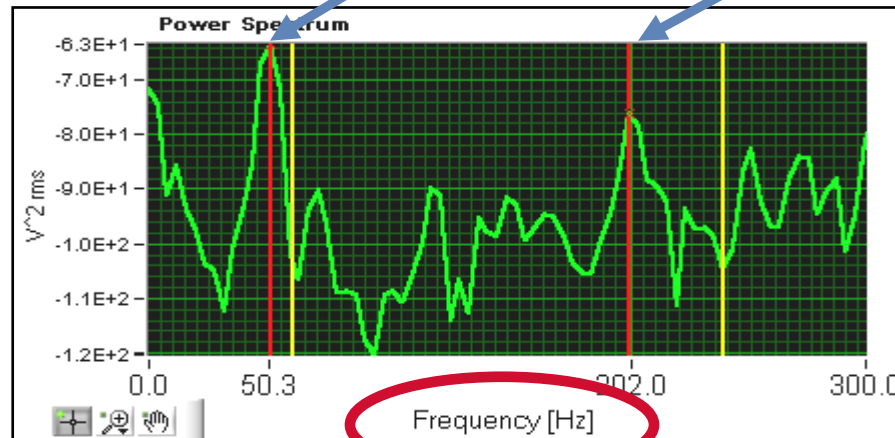
Espectro de Potencia

**Velocidad Rotacional:
60 Hz (3,600 rpm)**



Los componentes de frecuencia cambian con el cambio de velocidad

**Velocidad Rotacional:
50 Hz (3000 rpm)**



La frecuencia mide cuántas veces por *segundo* ocurre un evento

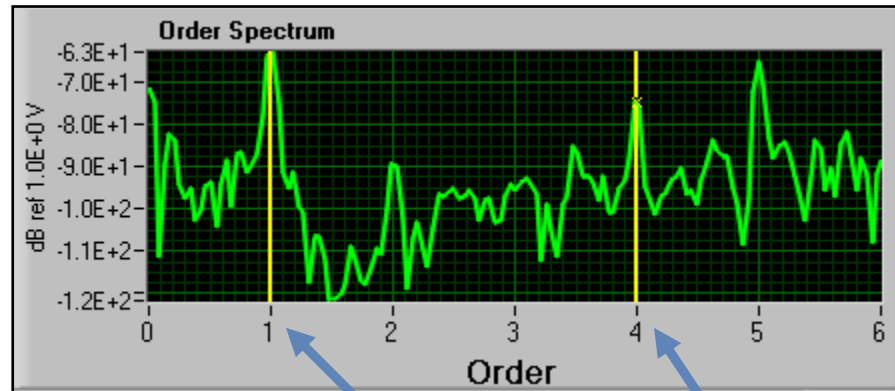


ni.com



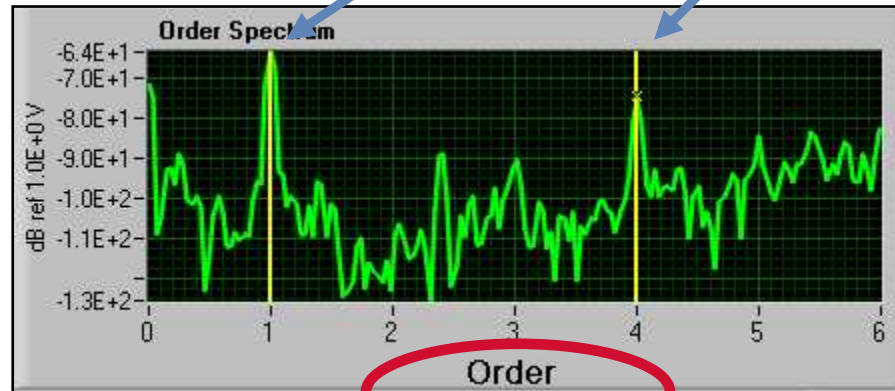
Espectro de Orden de Potencia

**Velocidad Rotacional:
60 Hz (3,600 rpm)**



Las componentes del orden se mantienen constantes con cambios en la velocidad

**Velocidad Rotacional:
50 Hz (3,000 rpm)**



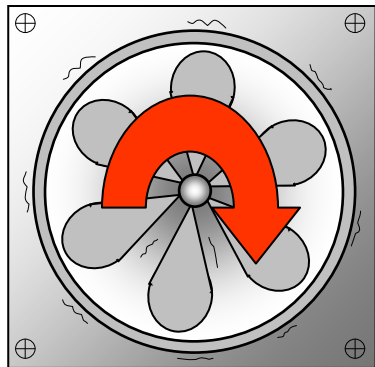
El orden mide cuántas veces por *revolución* ocurre un evento



ni.com

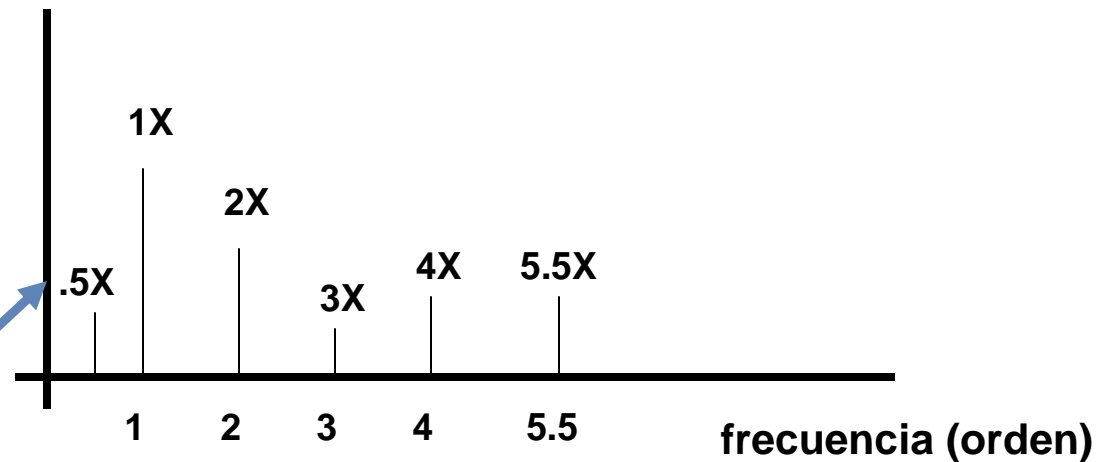


Espectro de Potencia a Espectro de Orden



**600 rpm
(10 Hz)**

El espectro de la vibración del ventilador, en el ventilador ejecutando a 600 rpm (10 Hz)



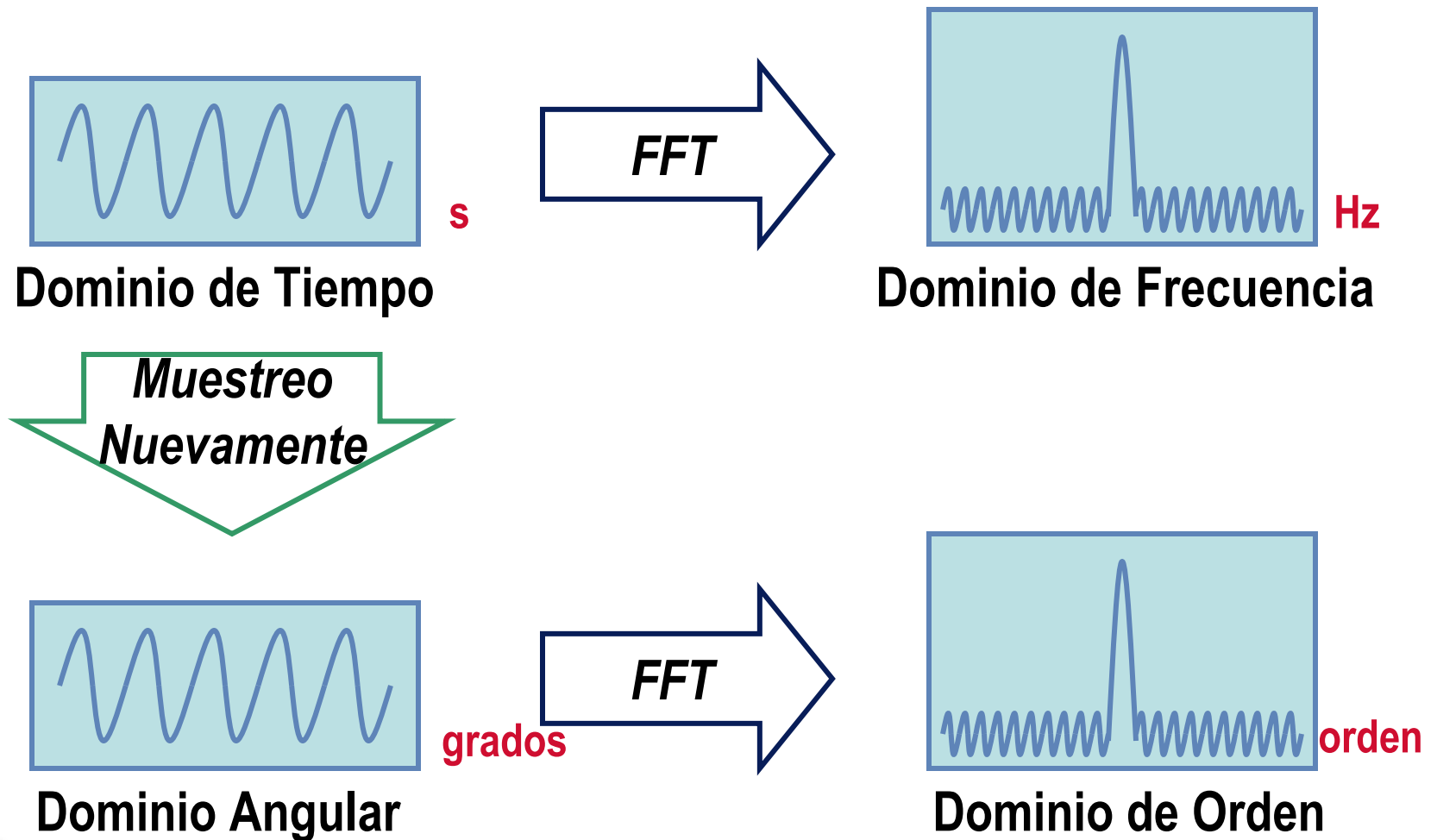
Expresa la frecuencia en términos de las múltiples velocidades de rotación



ni.com

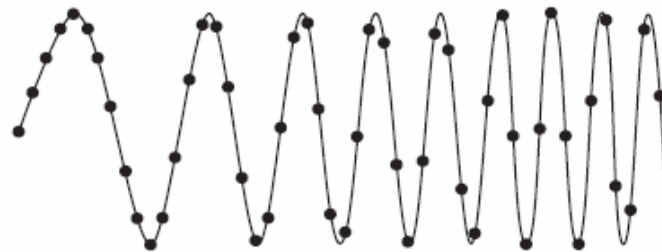
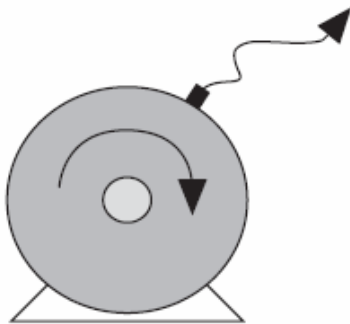


Implementación del Análisis de Orden

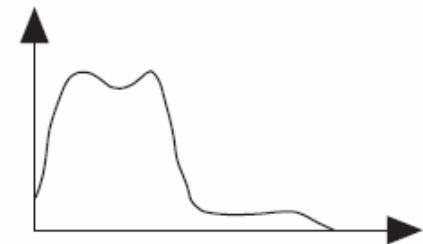


Re-Muestreo

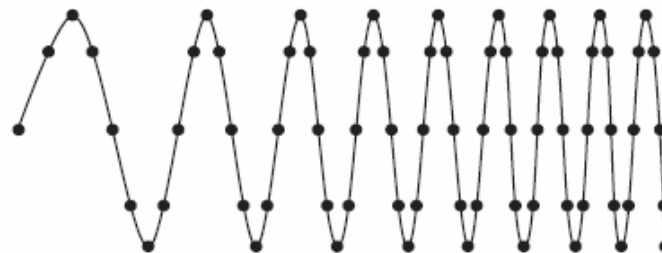
- Los datos son convertidos a un dominio angular a partir del dominio de tiempo



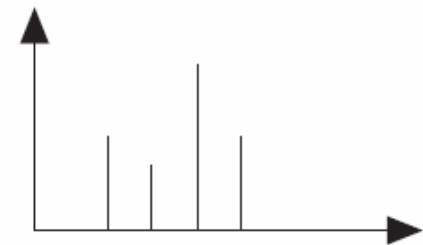
Sample at Constant Time



Frequency

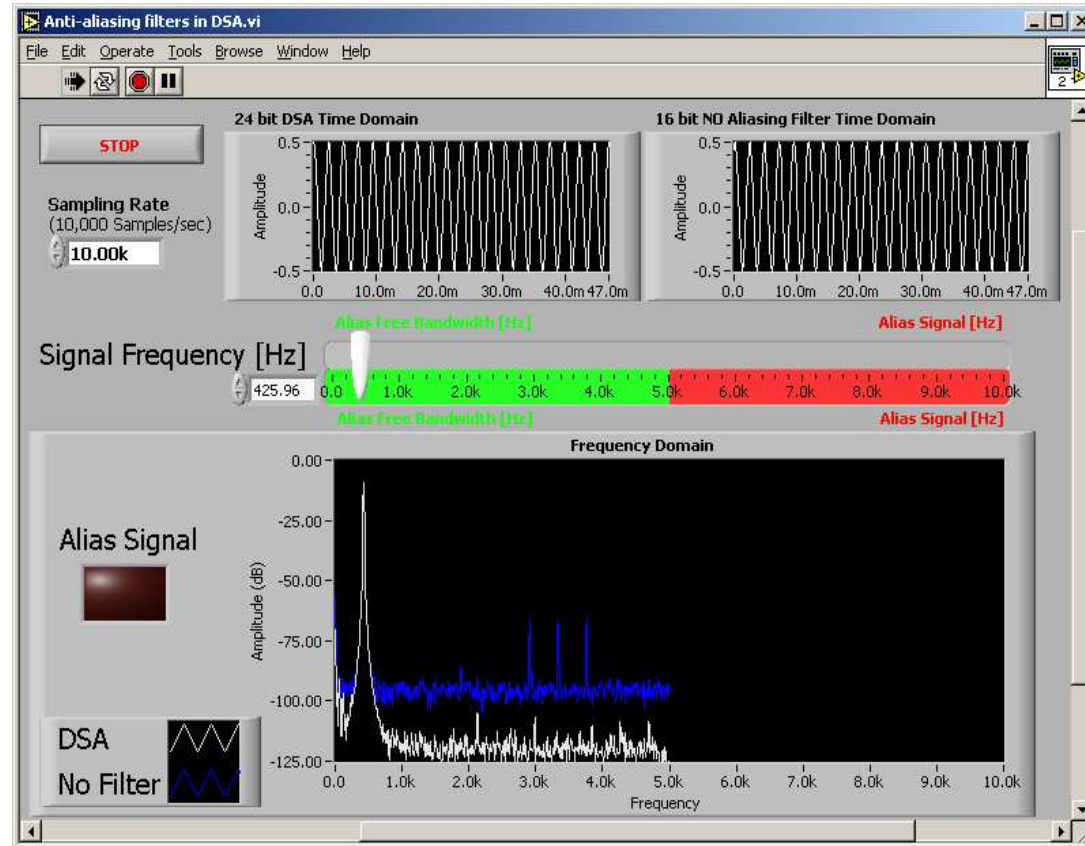


Sample at Constant Angle



Order

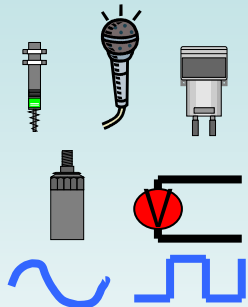
Ejemplo – Espectro de Orden



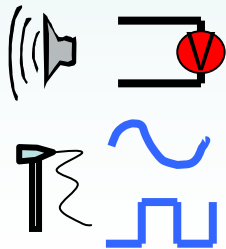
Componentes de Monitoreo de Máquinas

Sensores

Señales de Entrada



Señales de Salida

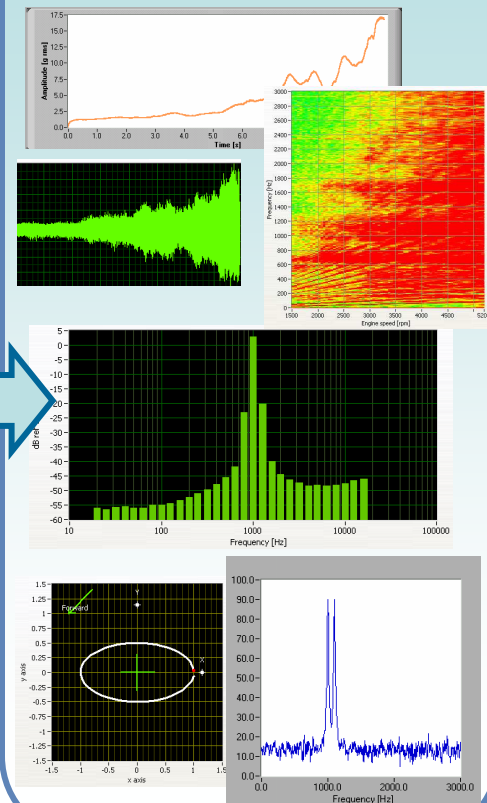


Adquisición de Datos

Acondicionamiento
de Señales

A/D
D/A
DIO
TIO

Análisis



ni.com

 **NATIONAL
INSTRUMENTS™**

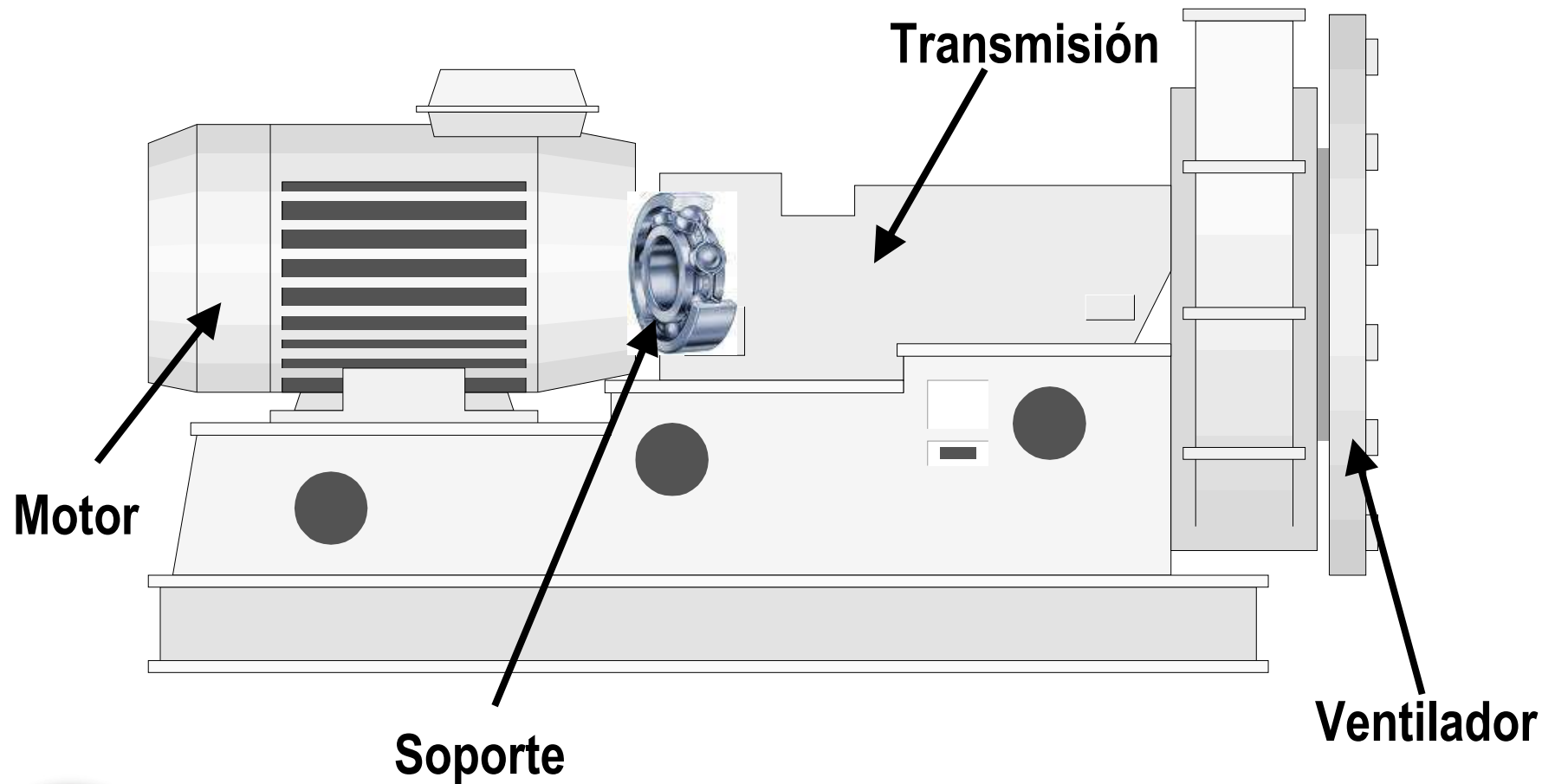
Implementando un Sistema

Objetivos

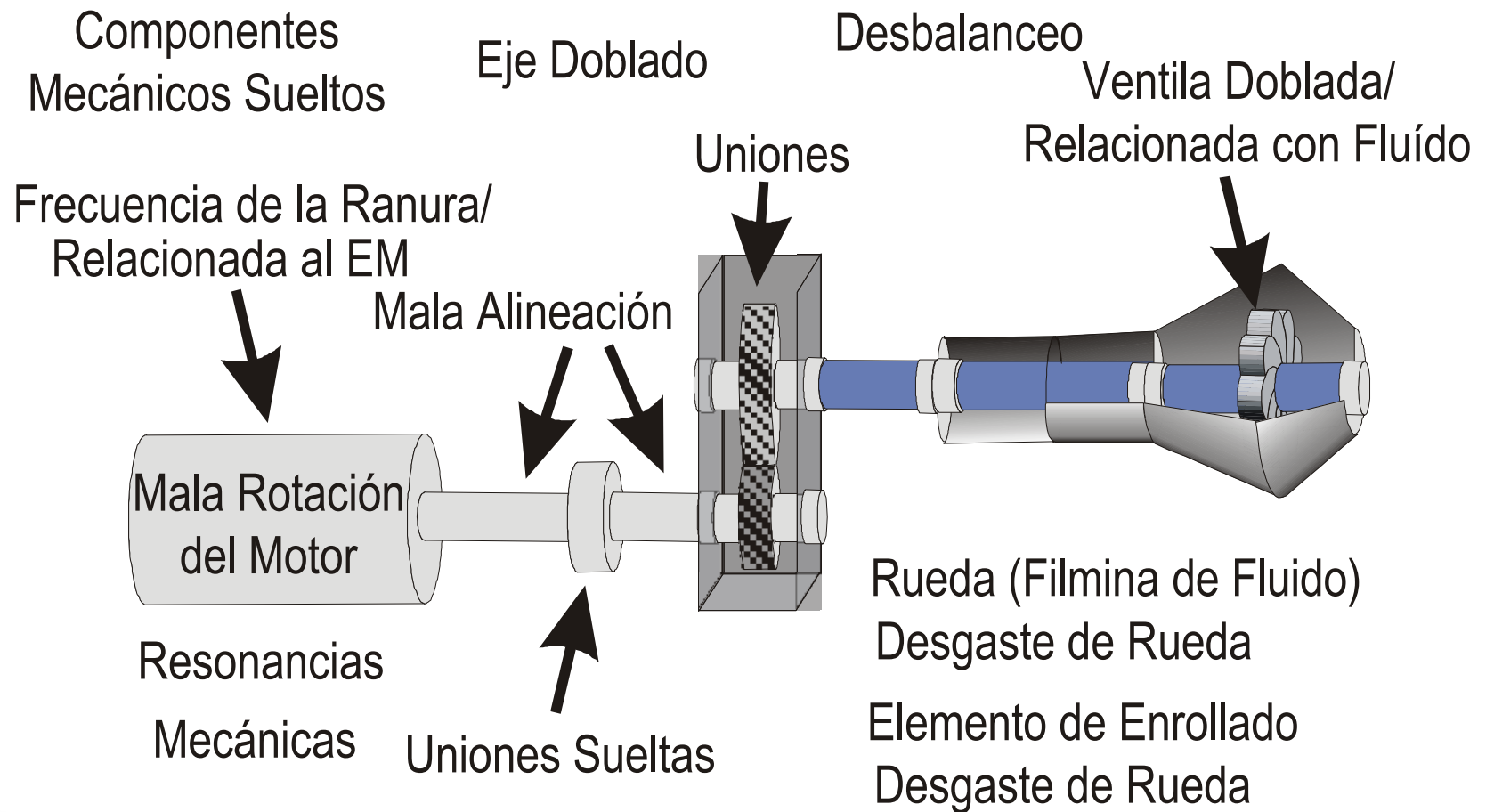
- Adquirir datos de vibración
- Ver falla en máquinas
- Enviar una señal de advertencia



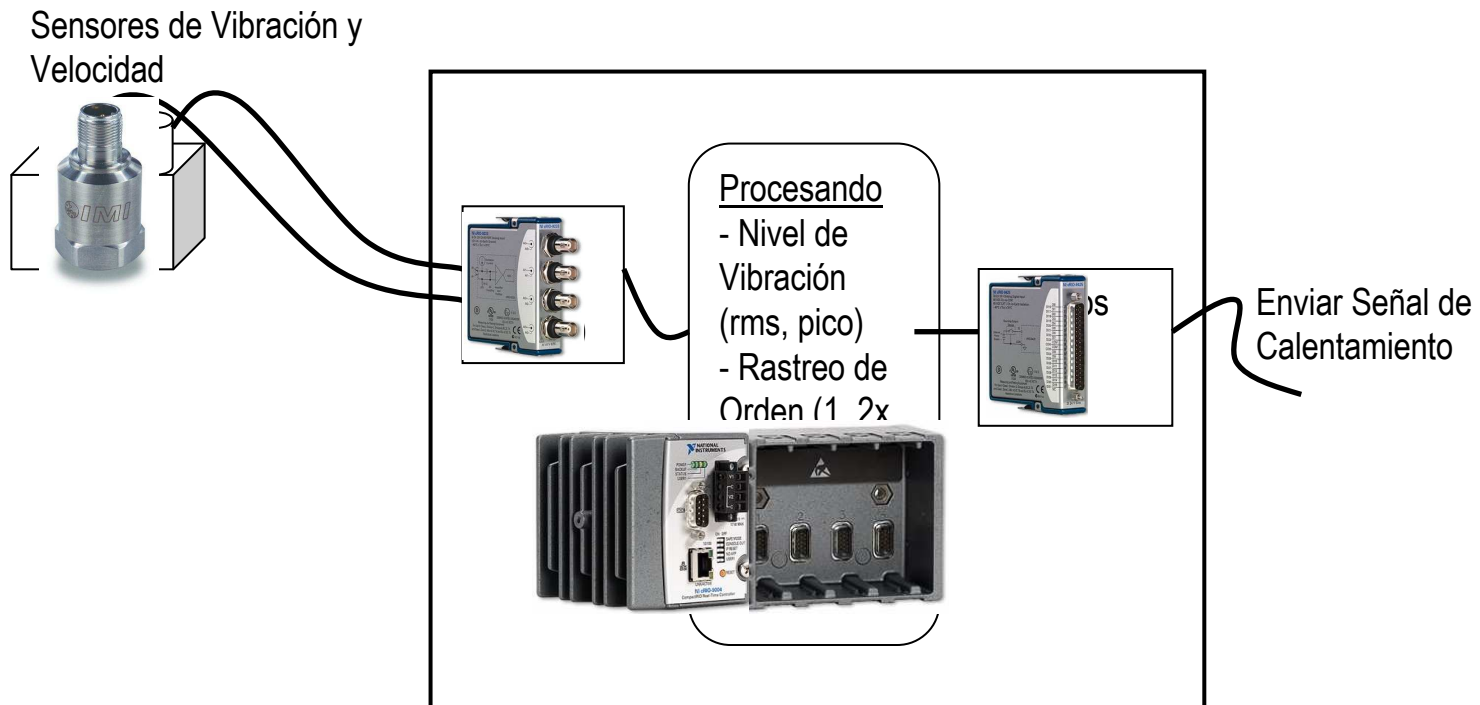
Máquina Ejemplo: Turbo Ventilador



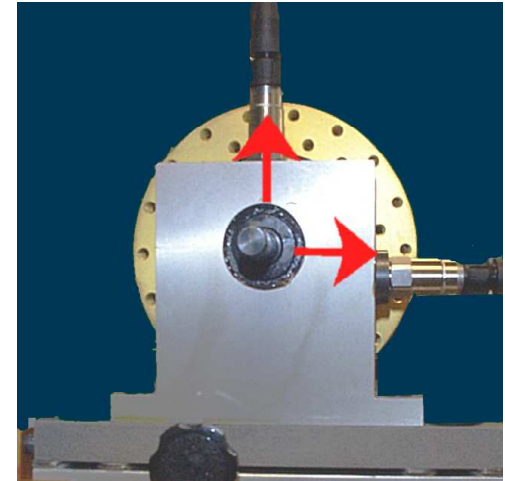
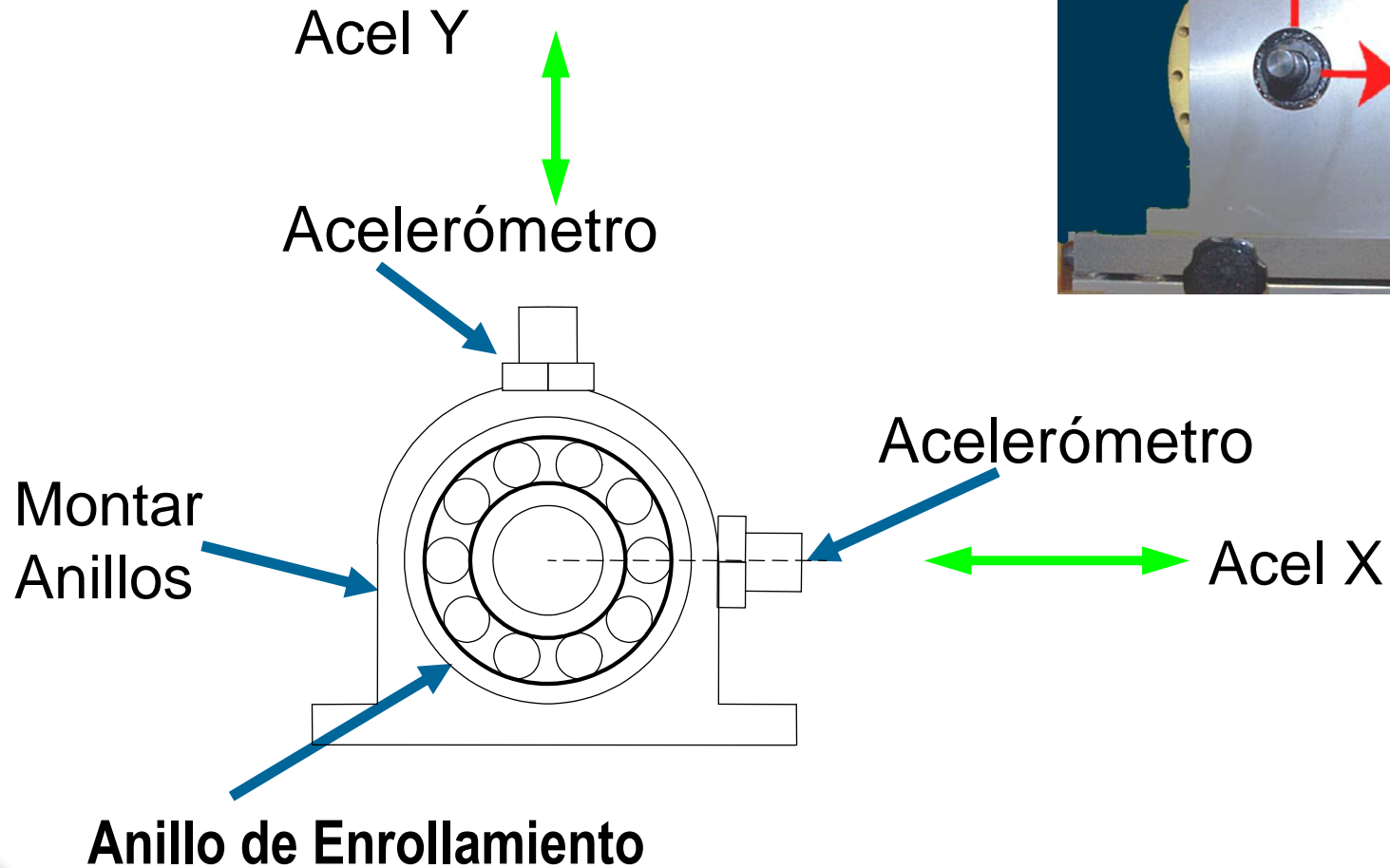
Posibles Fallas Mecánicas



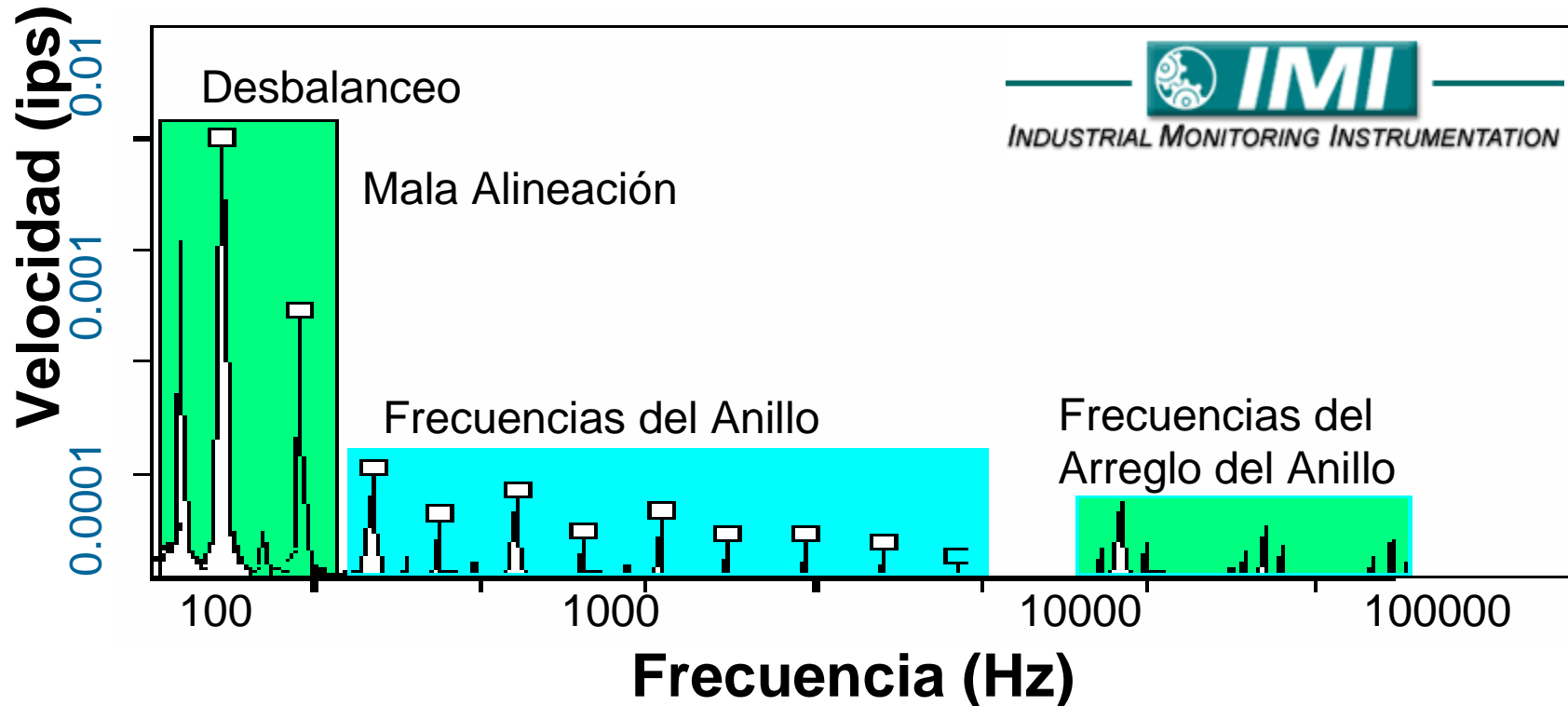
Seleccionando Componentes del Sistema



Colocación de Acelerómetro



Fallas Mecánicas en el Espectro



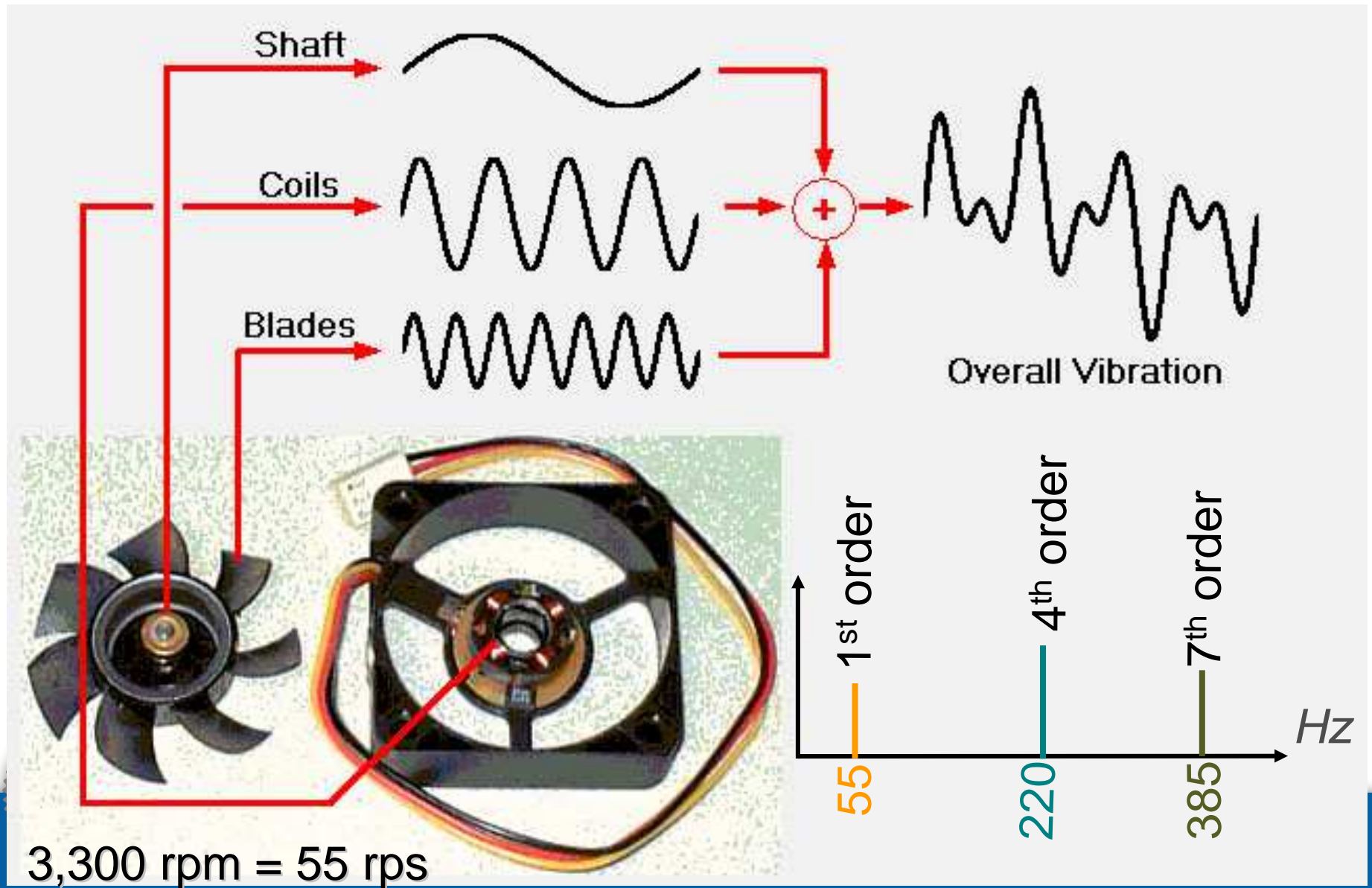
Pero, ¿hay una mejor manera?



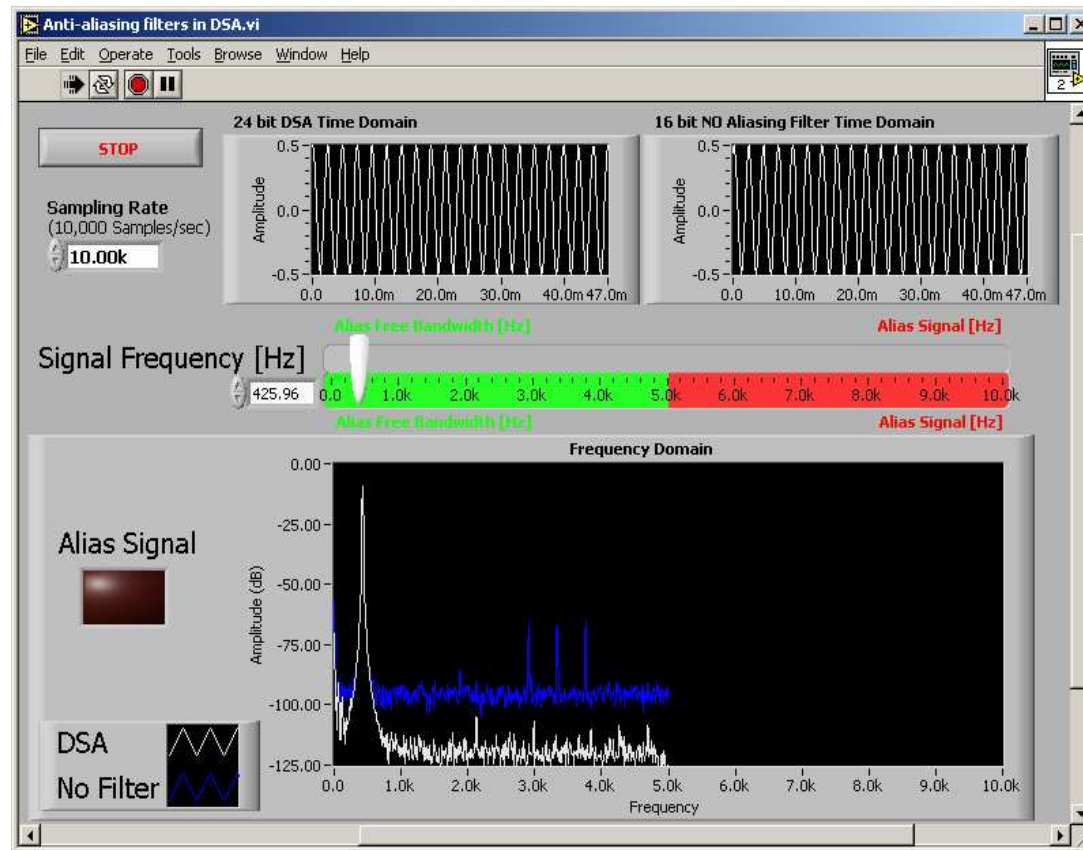
ni.com



Usando el Análisis de Orden para Identificar Componentes



Ejemplo– Detección de Fallas en Máquinas



Casos de Estudio para Máquinas Complejas



ni.com



¿Quiénes Usan Monitoreo de Máquina?

Industrias

- Generación de Potencia
- Gas y Petróleo
- Petroquímica
- Tuberías
- Refinerías
- Tratamiento de Aguas Residuales
- Alimentos y Farmacéutica
- Propulsión Matina
- Metales y Minería
- Semiconductores Manufactura

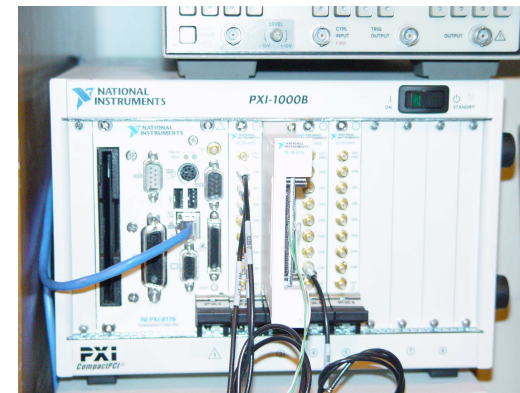
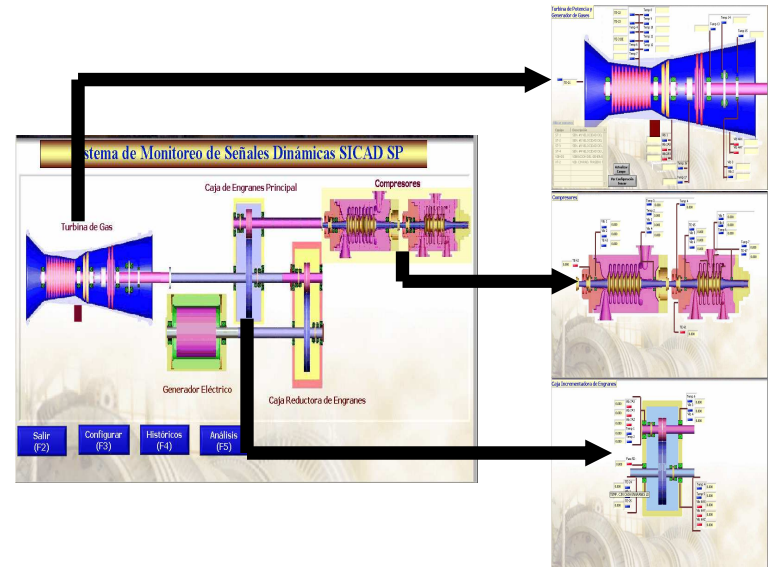
Activos

- Turbinas de Gas Industriales
- Turbinas de Gas Aéreas
- Turbinas de Vapor
- Turbinas Hidráulicas
- Turbinas de Viento
- Generadores
- Compresores
- Ventiladores/Sopladores
- Bombas
- Motores Eléctricos
- Compresores Recíprocos
- Pulverizadores
- Extrudores
- Anillos
- Expansores
- Intercambiadores de Calor
- Calentadores
- Tuberías
- Válvulas
- Pipas
- Instrumentos
- HVAC
- Transformadores
- Máquinas de Pulpa/Papel
- Refinerías de Pulpa
- Granos Rotativos
- Centrífugas
- Torres de Enfriamiento
- Cambiadores de Turbina

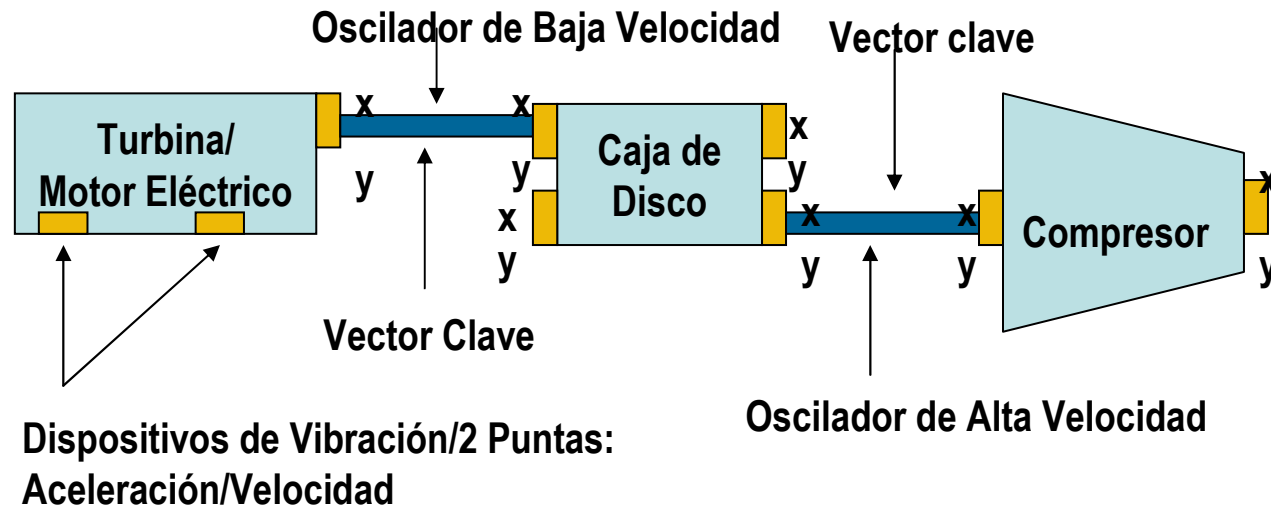


Monitoreo de Vibración para PEMEX (Petróleos Mexicanos)

- **Retos:** Desarrollar una herramienta de monitoreo y diagnóstico de máquina avanzada y efectiva en costos para plataformas de petróleo y generación de potencia
- **Resultados:** 12 sistemas portátiles desplegados



Sistema de Monitoreo del Compresor



- **Retos:** Desarrollar un sistema de monitoreo, diagnóstico y captura de datos remoto para compresores en instalaciones de gas y petróleo.
- **Resultados:** Un sistema de monitoreo de condición que proporciona información básica, en línea y remota sobre el análisis de vibración, desempeño, y esfuerzo.



Monitor de Vibración de la Bomba de Reactor

- **Retos:** Proporcionar un sistema combinado para canales de 32 vibraciones en cuatro localidades de máquinas
- **Resultados:**
 - Monitoreo en tiempo real
 - Tendencia de datos histórica
 - Análisis de datos transitorios
 - Alarma en parámetros de vibración



ni.com



Laboratorios Nacionales de Energía Renovable – NREL

- **Retos:** Desarrollar una solución de potencia, vibración y control para un estudio de sistemas mecánicos de turbina de viento.
- **Resultados:** Un sistema de medición de vibración con calidad/medición de potencia eléctrica integrada, y sistemas de control.



Resumen

- Todas las aplicaciones de monitoreo de máquina pueden simplificarse a
 - Sensores
 - Adquisición de datos
 - Análisis
- Al seleccionar la combinación correcta de estas herramientas, usted obtiene
 - Desempeño Y
 - Flexibilidad
- Contraria a la instrumentación de la “caja negra” que puede ser más costosa y menos funcional

¿Pero qué pasa si no la quiere construir usted mismo?



ni.com



Soluciones Externas

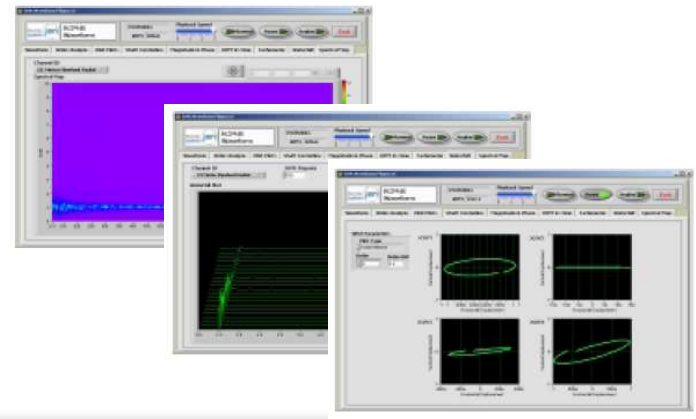
Sistemas ya configurados para Monitoreo de Máquinas Construidos con Hardware de NI y el Software LabVIEW



- Diagnóstico portátil de maquinaria
- Hasta 56 canales a un ancho de banda de señal de 45 kHz
- Crea formas de onda, FFT, órbita, bode, polar, eje central del rotor, tabla característica, y gráfica de tendencia



- Instrumento de vibración portátil
- Hi-speed USB plug-and-play
- Análisis de orden y frecuencia desempeñados en tiempo real
- Hasta 8 canales de entrada IEPE



ni.com



¿Qué Dicen las Máquinas Ahora?



¡Puedo seguir
trabajando días!



Gracias por
reemplazar mis
anillos.



Esa nueva
bomba de
agua se
siente bien.



¡Qué
diferencia
ahora!



ni.com

