



FARMONITORING[®]
YOUR AGROTECH PARTNER

**Monitoreo automatizado de vibraciones,
para mantenimiento predictivo de motores eléctricos
en plantas de alimentos.**

Valparaíso, Diciembre de 2019.

info@farmonitoring.com

www.farmonitoring.com

1.- Contexto.

Las plantas de alimentos e instalaciones en general, poseen motores eléctricos que requieren mantenimiento predictivo. El desempeño de las etapas de molienda y peletizado, está directamente relacionada al correcto funcionamiento de motores y rodillos.

2.- Objetivo de la presente propuesta.

Ofrecer nuestro sistema automatizado de medición de vibraciones en motores eléctricos, como solución al requerimiento de mantenimiento predictivo en plantas de alimento.

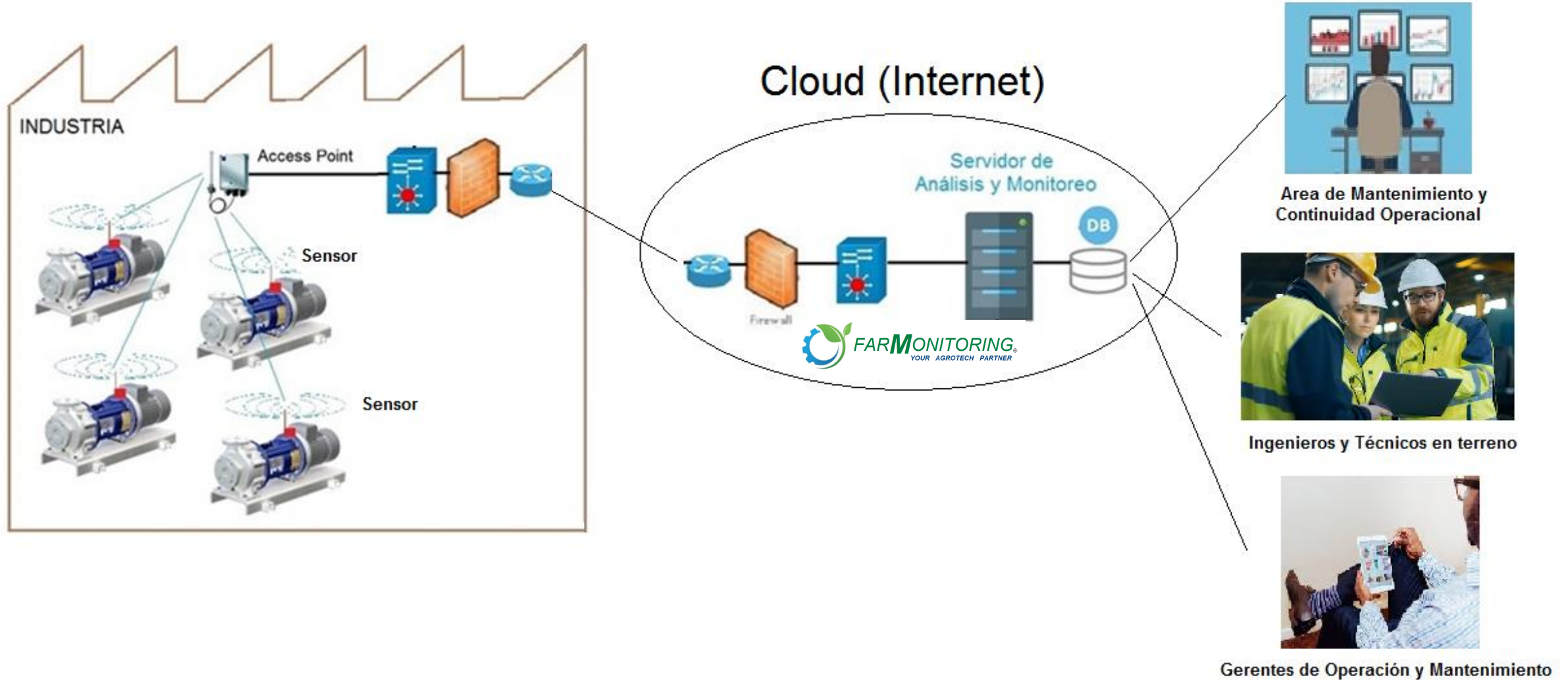
3.- Metodología propuesta.

3.1.- En cada motor a definir, se instalarán sensores WiFi basados en acelerómetros MEMS (microelectromechanical systems) tri-axiales, con un BW de 5 Hz a 2 KHz. Estos sensores requieren ser energizados con fuente entre 9 a 24 Volts, 2 amperes.

3.2.- Se definirá un lapso de tiempo entre mediciones.

3.3.- Se configurará una plataforma oncloud (accesible mediante internet), que recibirá y procesará los datos recibidos, generando espectros en frecuencia, para su análisis.

4.- Topología Plataforma.



Ventajas de una plataforma de monitoreo de vibraciones.

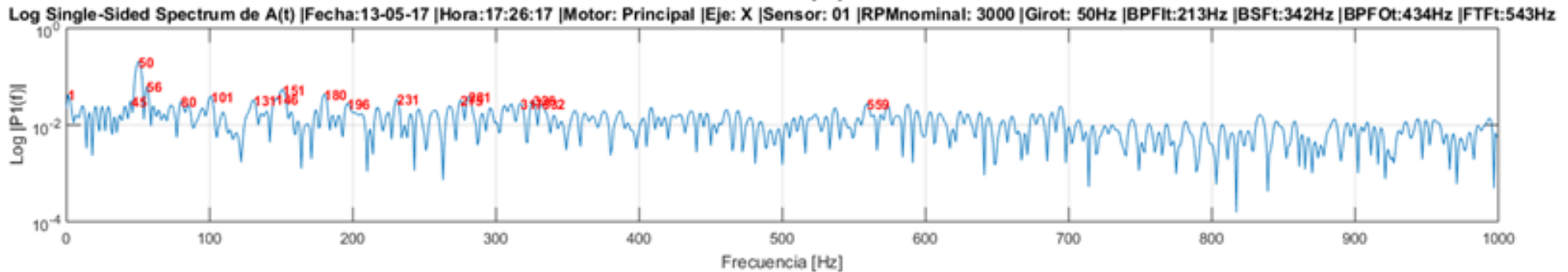
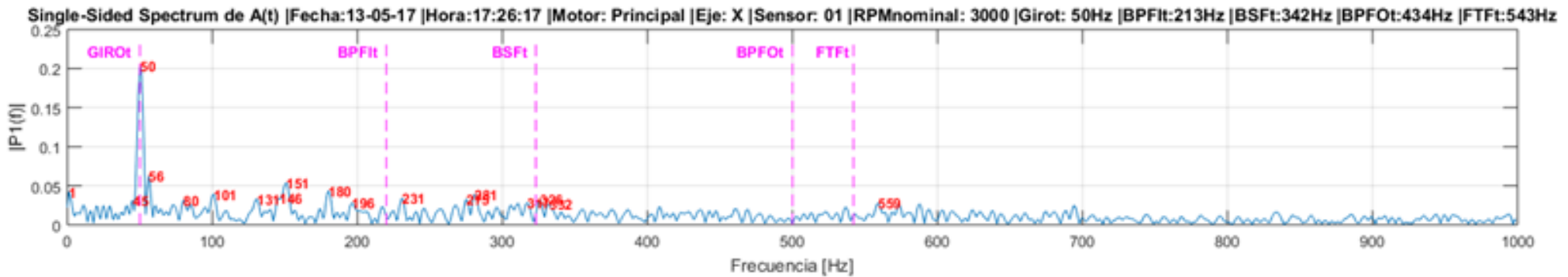
- **Automatiza** el proceso de monitoreo de vibraciones y análisis inicial de espectro de frecuencias (Industria 4.0).
- Monitoreo remoto y con **visibilidad en línea 24x7**.
- Posibilidad de externalizar los procesos de mantenimiento predictivo, contratándolo como un servicio, pudiendo así **concentrarse en su giro de negocio**.

- **Despliegue de información y generación constante de reportes con indicadores clave, de manera que un operador sin mayor experiencia pueda interpretar fácilmente.** (Formar un analista de vibraciones categoría IV toma alrededor de 4 años y un costo aproximado de 4 millones de pesos).
- **Posibilidad de correlacionar otros eventos que ocurren en la instalación o planta, para detectar posibles motivos de falla.** Ejemplo: Efectos sobre el desempeño de los motores producto de los armónicos en la red eléctrica debido al uso de Variadores de Frecuencia.

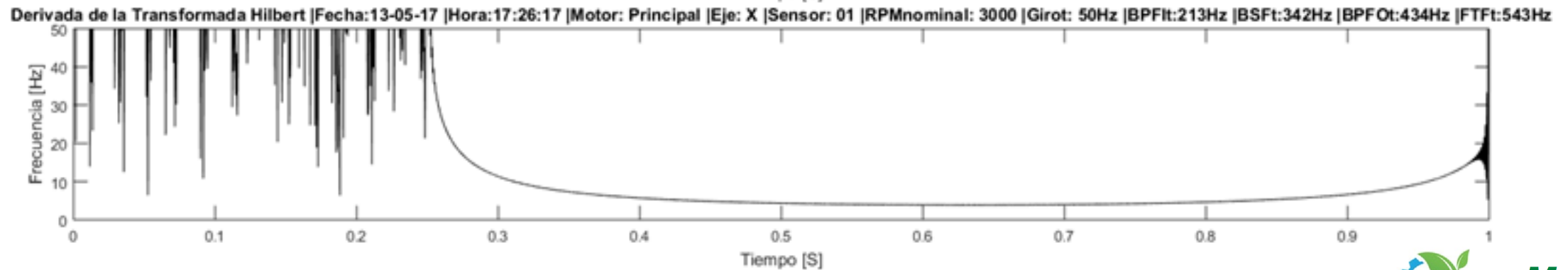
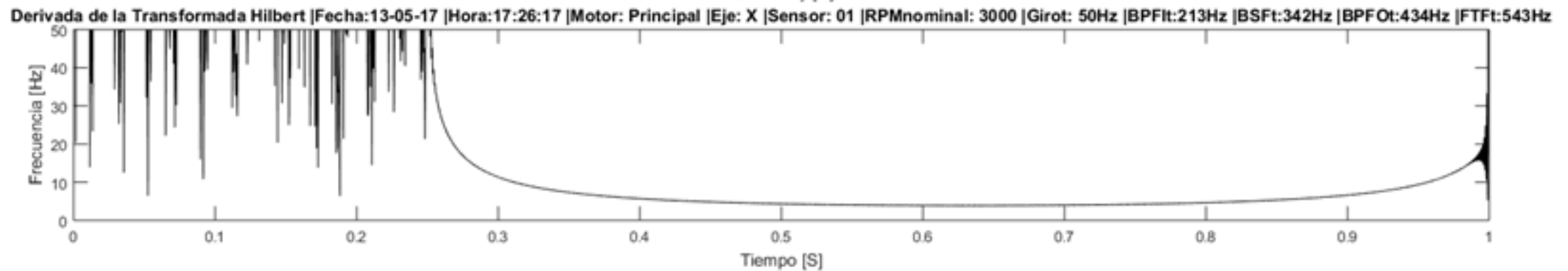
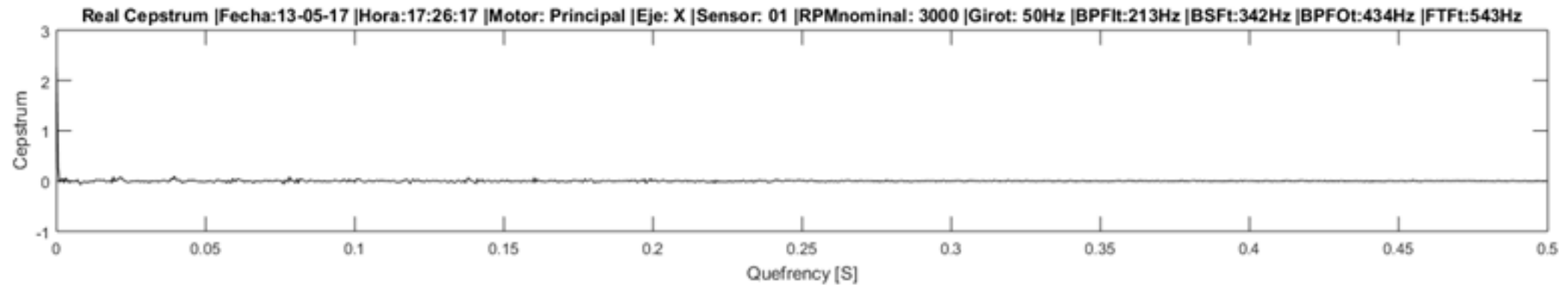
5.- Visualización de los datos.

5.1.- Para el caso de monitoreo de vibraciones, la visualización básica consiste en gráfico de aceleración versus tiempo, espectro de frecuencias con intensidad en escala lineal, espectro de frecuencias con intensidad en escala logarítmica.

Visualización básica de datos.

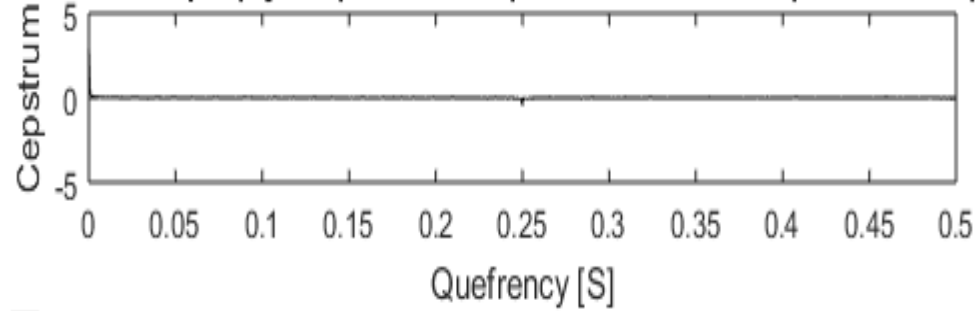


Visualización avanzada de datos (opcional).

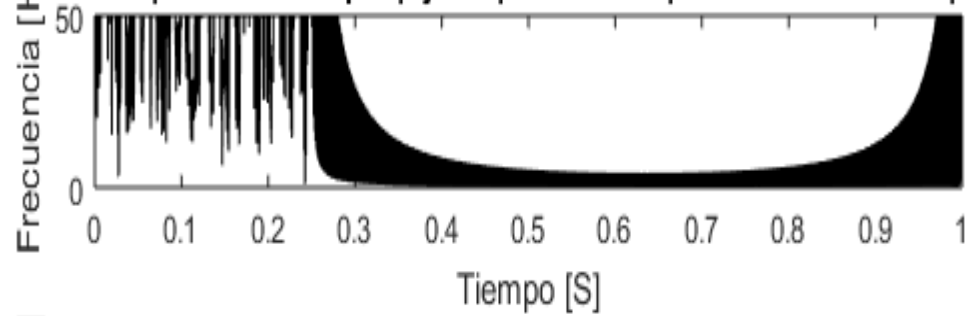


Visualización avanzada de datos (opcional).

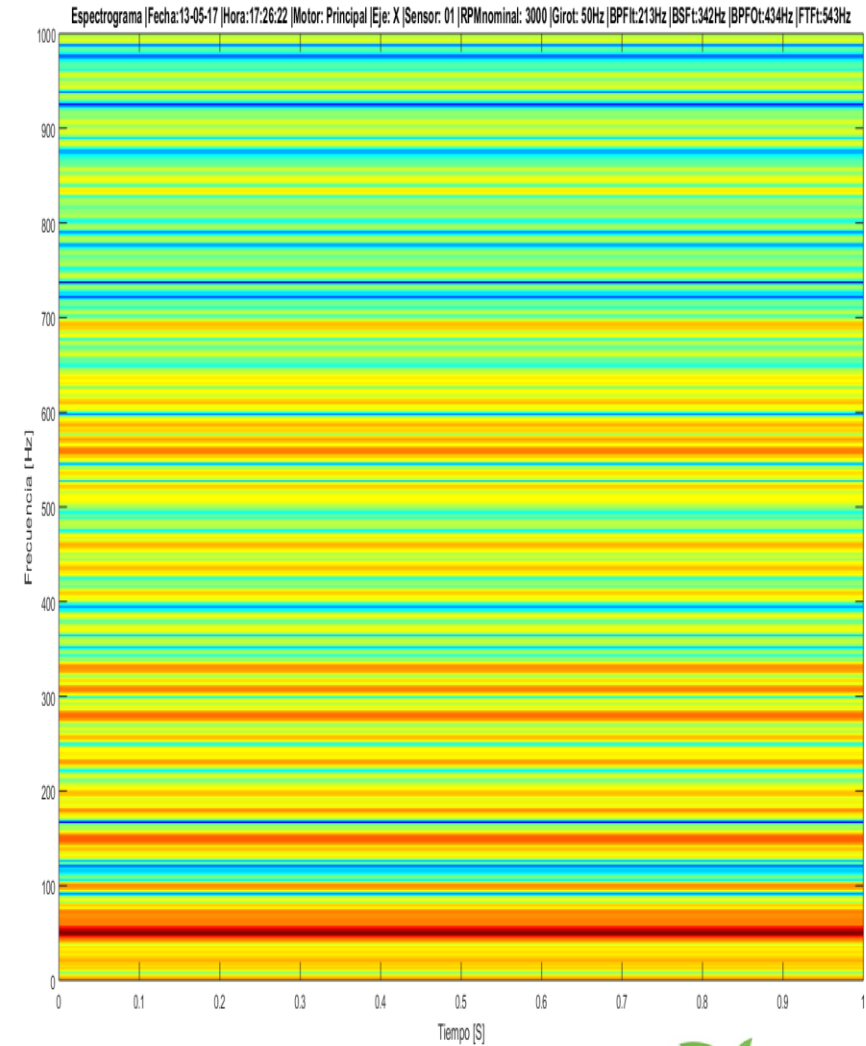
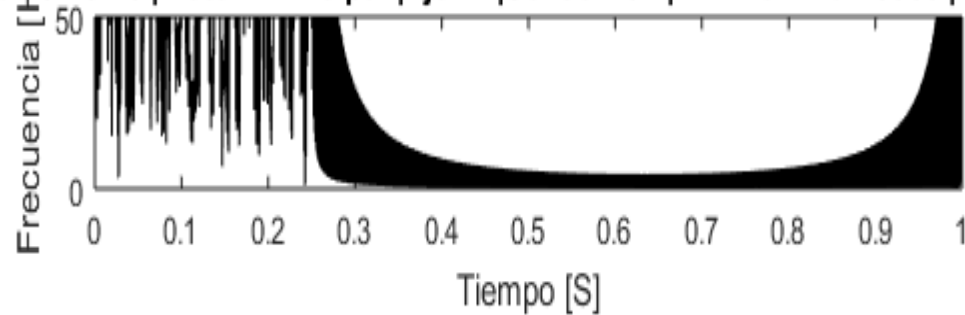
:13 | Motor: Principal | Eje: X | Sensor: 01 | RPMnominal: 3000 | Girot: 50Hz | BPFIt:



Hora: 13:45:13 | Motor: Principal | Eje: X | Sensor: 01 | RPMnominal: 3000 | Girot: 50Hz



Hora: 13:45:13 | Motor: Principal | Eje: X | Sensor: 01 | RPMnominal: 3000 | Girot: 50Hz



6.- Insumos entregables.

- Sensores de vibración instalados en motores donde se defina (mediante acuerdo formal).
- Acceso a visualización en plataforma cloud.

7.- Características del servicio de monitoreo durante el mes de duración del piloto.

El servicio ofrecido considera el acceso vía web a la plataforma de monitoreo, para visualización gráfica de los datos obtenidos.

8.- Requerimientos para clientes (administradores de planta de alimentos).

- Entregar los permisos de acceso a la faena e informar sobre procedimientos y normativas relacionadas.
- Facilitar el acceso a los motores mediante plataformas levadizas o andamios.
- El cliente deberá proveer una conexión a la red eléctrica monofásica de 220 Volts o fuente DC de 9 a 24 Volts para cada motor a medir.
- Se debe disponer de un acceso a Internet mediante red WIFI accesible desde el silo a monitorear o posibilitar la instalación provisoria de un access point durante el periodo de pruebas.
- Especificaciones técnicas de cada uno de los motores eléctricos a analizar.

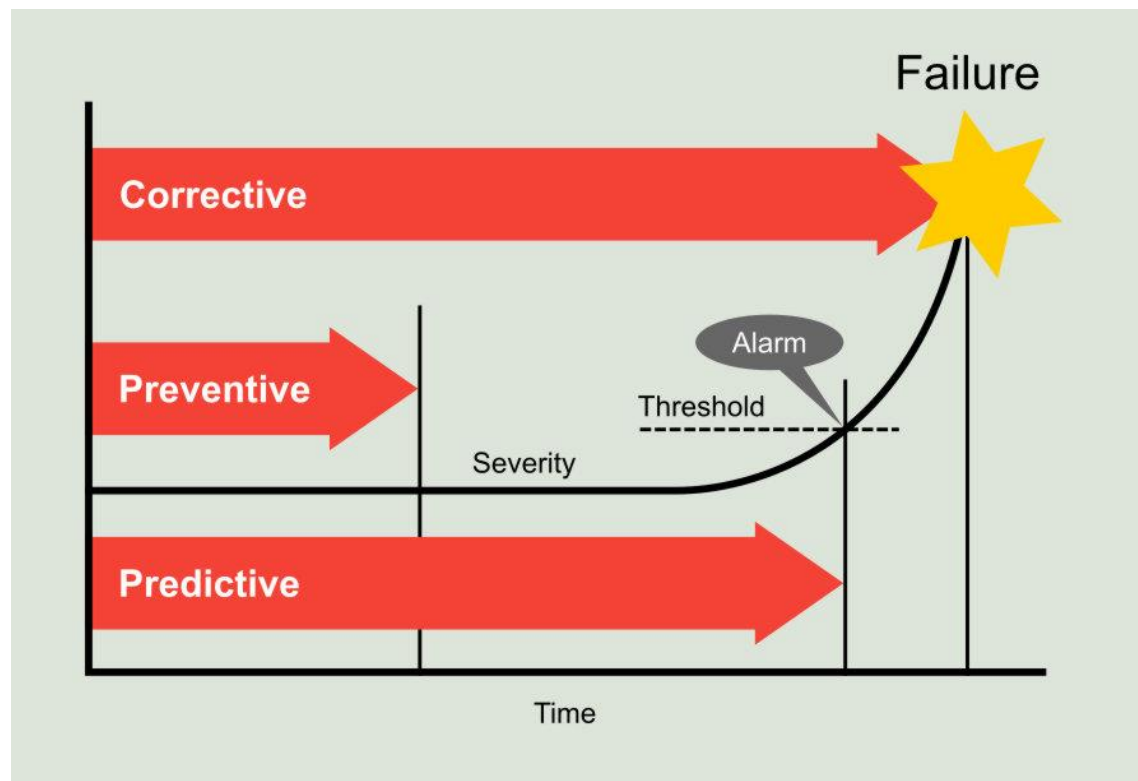


Anexo:

Mantenimiento predictivo en motores eléctricos.

¿Qué es el Mantenimiento Predictivo?.

El **mantenimiento predictivo** corresponde a un conjunto de técnicas que se aplican con el objetivo de **detectar posibles fallas y defectos de maquinaria en etapas incipientes**, para evitar que estos fallos se manifiesten posteriormente causando una parada de planta no programada.



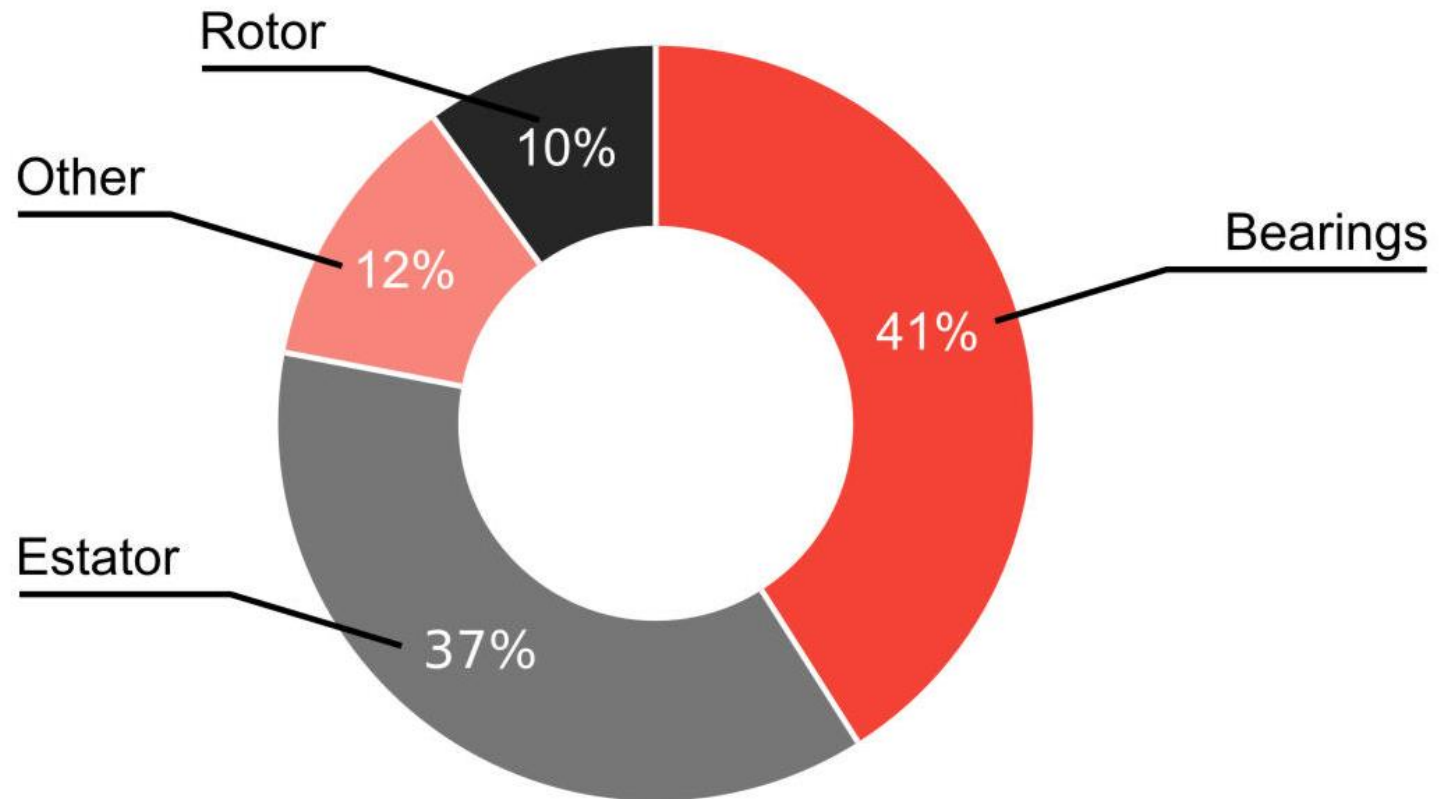
¿Cómo se aplica el mantenimiento predictivo en los motores eléctricos?.

El mantenimiento predictivo de motores eléctricos, bombas centrífugas y ventiladores industriales **requiere el análisis de vibraciones**.

El **análisis de vibraciones permite diagnosticar "la salud" del motor y encontrar fallas internas** (a nivel de rodamientos, engranajes, aspas, etc.). Debido al alto costo de la hora/hombre del especialista en vibraciones, dicho análisis es realizado hoy en forma esporádica. **Con Farmonitoring, al automatizar la toma de medición y generar un reporte inicial básico, se logra un monitoreo constante.**

Para cumplir con los objetivos del mantenimiento predictivo se recomienda una **solución de análisis de vibraciones en forma permanente**, que permita obtener el **estado de los equipos en tiempo real y despliegue información clave** que un operador no experto pueda interpretar. Además, sus datos deben permitir la **correlación con otros eventos** que ocurren en la instalación o planta, para detectar posibles motivos de falla.

Distribución de origen de fallas en motores eléctricos.



Fuente: Motor Reliability Working Group, IEEE Transactions on Industry Applications "Report of Large Motor Reliability Survey of Industrial and Commercial Installations," Part I and II, Vol. IA 21, No. 4, pp.863-872.

Ejemplo de una tabla descriptiva de dimensiones físicas de un rodamiento.

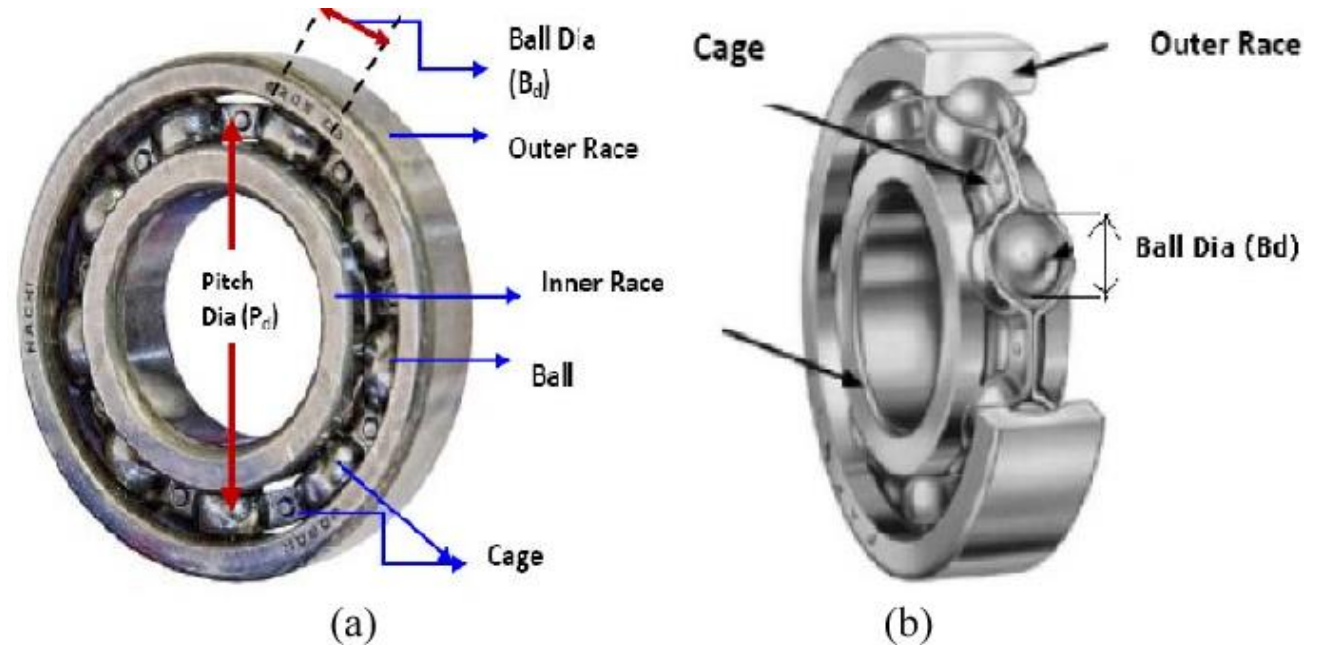
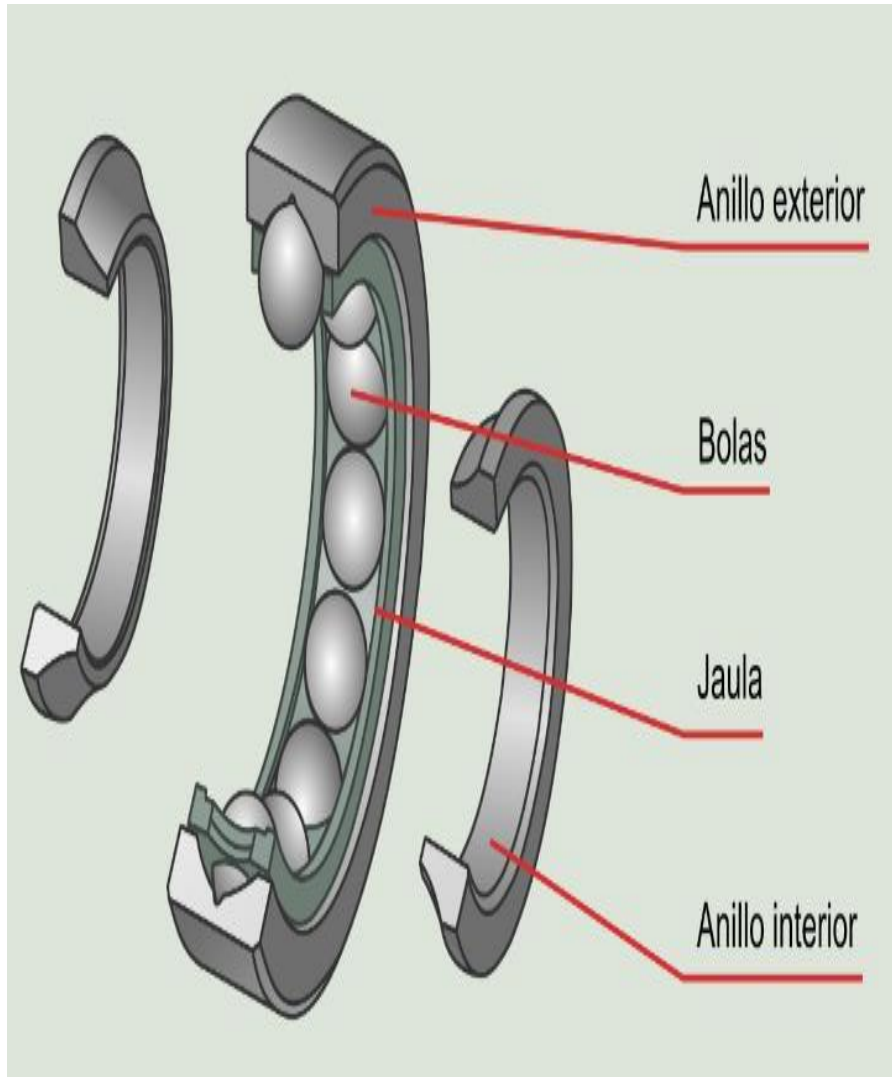


Fig.1 (a) Geometry [18] and (b) Cross section of Ball Bearing [10]

Table 1 : Specifications of NACHI 6205 Ball Bearing [18]

Material	Inside dia (mm)	Outside dia (mm)	Bearing width (mm)	Ball Dia (B _d) (mm)	Pitch dia (P _d) (mm)	Maximum Rotational Speed (RPM)
Chrome Steel	25	52	15	7.94	39.4	16000

Ejemplos de rodamientos con fallas.



Fig. 3 (a): Photos of defective bearings used on shaft-side (6205), (1) Outerrace, (2) Innerrace, (3) Cage, and (4) Ball

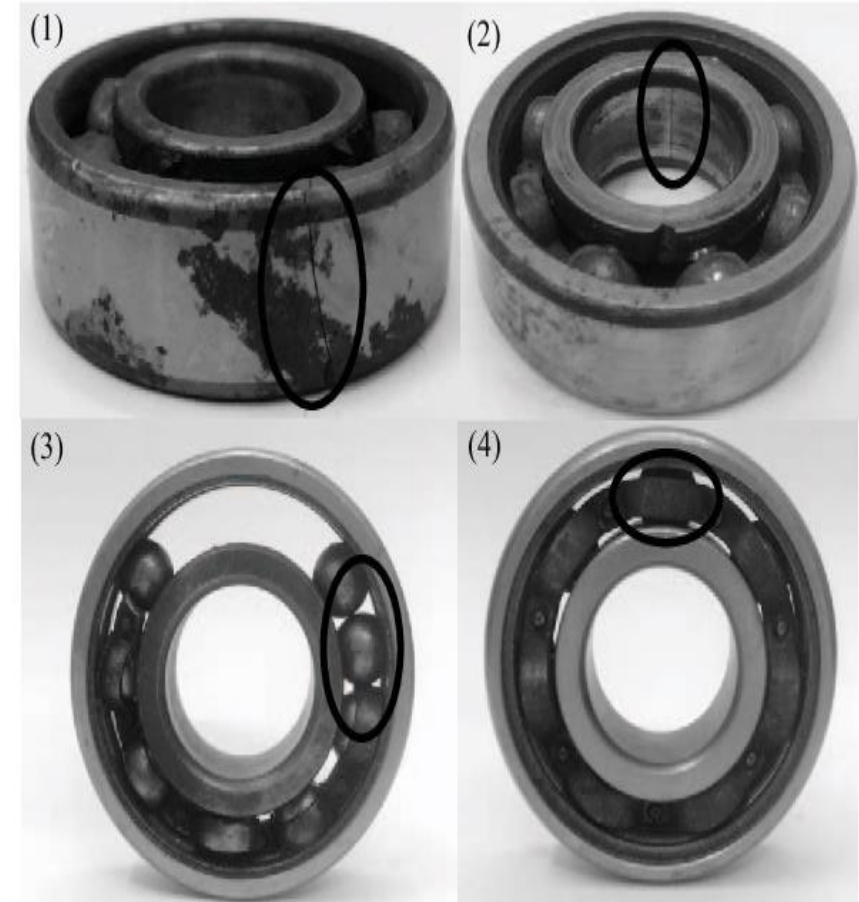


Fig. 3 (b): Photos of defective bearings used on fan-side (6204), (1) Outerrace, (2) Innerrace, (3) Cage, and (4) Ball

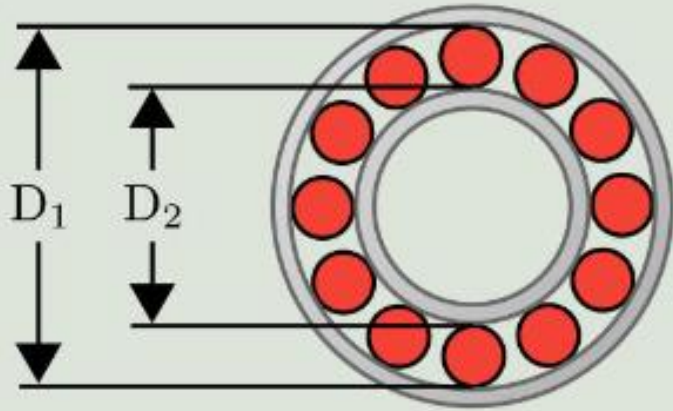
Fuente: **Bearing fault diagnosis of a three phase induction motor using stockwell transform.**

Megha Singh, Abdul Gafoor Shaik. Published in IEEE Annual India Conference... 2016 DOI:[10.1109/indicon.2016.7838972](https://doi.org/10.1109/indicon.2016.7838972)

Frecuencias de Interés.

- **BPFO** (Ball Pass Frequency Outer) o frecuencia de deterioro de la pista exterior. Se corresponde físicamente con el número de bolas o rodillos que pasan por un punto de la pista exterior cada vez que el eje realiza un giro completo.
- **BPFI** (Ball Pass Frequency Inner) o frecuencia de deterioro de la pista interior. Se corresponde físicamente con el número de bolas o rodillos que pasan por un punto de la pista interior cada vez que el eje realiza un giro completo.
- **BSF** (Ball Spin Frequency) o frecuencia de deterioro de los elementos rodantes. Se corresponde físicamente con el número de giros que realiza una bola o rodillo del rodamiento cada vez que el eje realiza un giro completo.
- **FTF** (Fundamental Train Frequency) o frecuencia de deterioro de la jaula. Se corresponde físicamente con el número de giros que realiza la jaula del rodamiento cada vez que el eje realiza un giro completo.

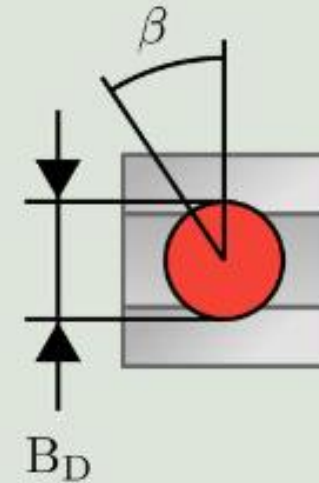
Fórmulas de cálculo de Frecuencias de Interés.



$$P_D = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

N_B = Numero de bolas

β = Angulo de contacto



$$\text{BPFO} = \text{RPM} \frac{N_B}{2} \left(1 - \frac{B_D}{P_D} \cos(\beta) \right)$$

$$\text{BPFI} = \text{RPM} \frac{N_B}{2} \left(1 + \frac{B_D}{P_D} \cos(\beta) \right)$$

$$\text{BSF} = \text{RPM} \frac{P_D}{B_D} \left[1 - \left(\frac{B_D}{P_D} \cos(\beta) \right)^2 \right]$$

$$\text{FTF} = \text{RPM} \frac{1}{2} \left(1 - \frac{B_D}{P_D} \cos(\beta) \right)$$

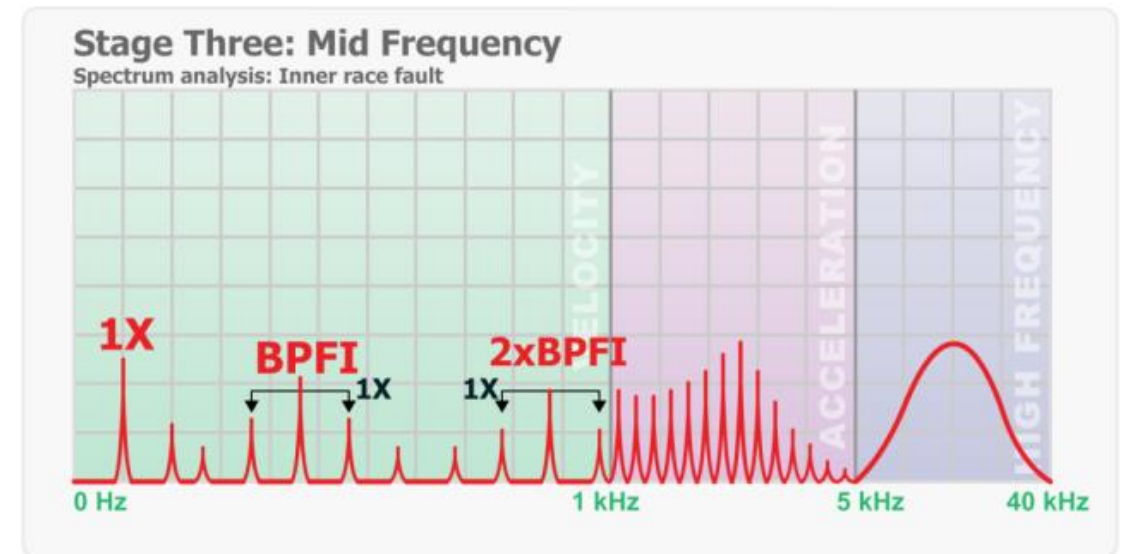
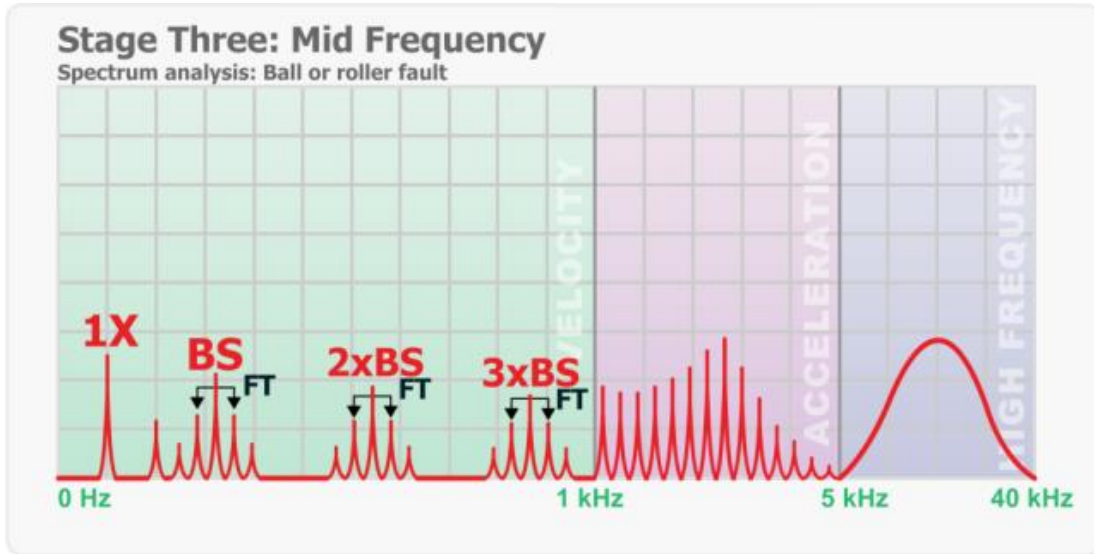
Cuando alguno de los componentes del rodamiento está dañado distinguiremos en el espectro de frecuencias la frecuencia fundamental correspondiente al elemento dañado, acompañada siempre de armónicos. En aquellos casos en que se desconozcan los parámetros físicos del rodamiento, hay unas fórmulas empíricas bastante aproximadas que nos permitirán determinar las frecuencias de deterioro de las pistas y de la jaula de un rodamiento en función tan solo del número de elementos rodantes y de la velocidad de giro:

$$\text{BPFO} = 0,4 \times N_B \times \text{RPM}$$

$$\text{BPFI} = 0,6 \times N_B \times \text{RPM}$$

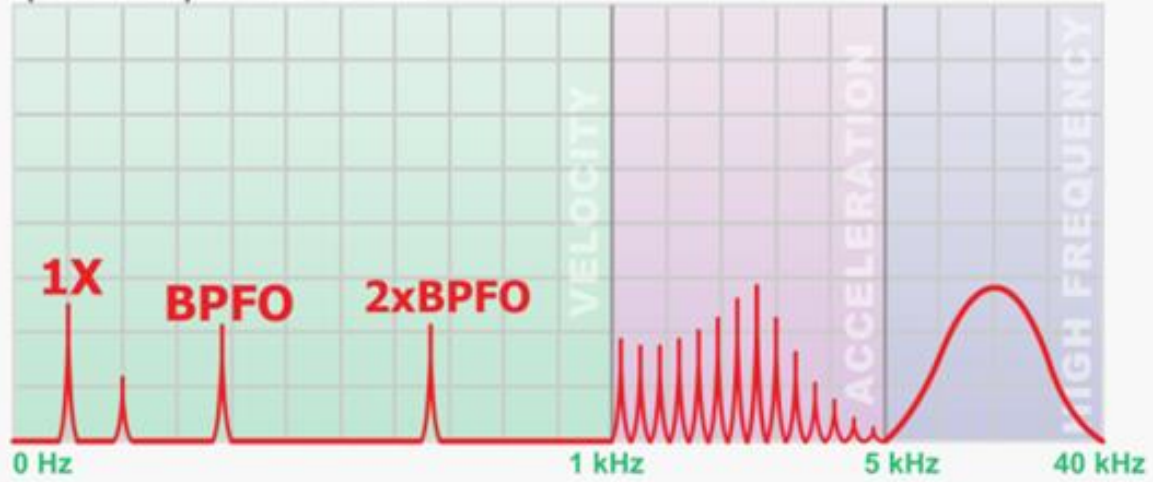
$$\text{FTF} = 0,4 \times \text{RPM}$$

Rangos de frecuencia en fallas de pistas interna o externa.

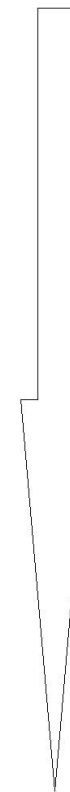
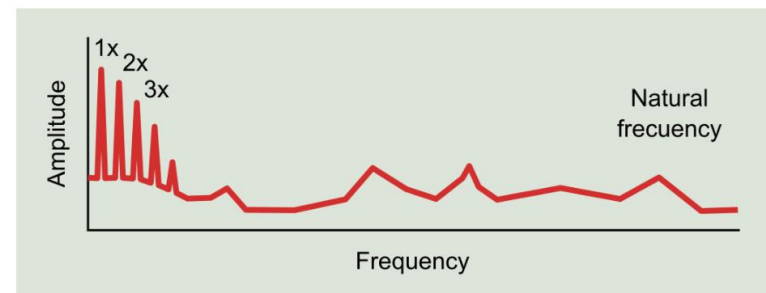
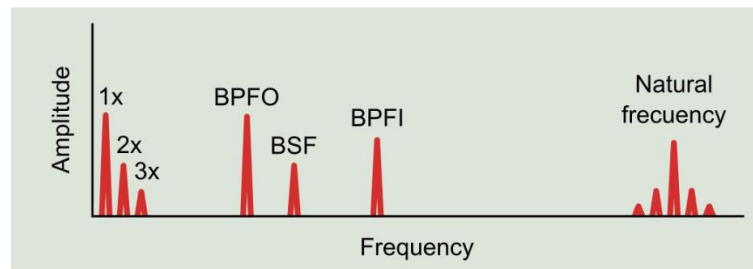
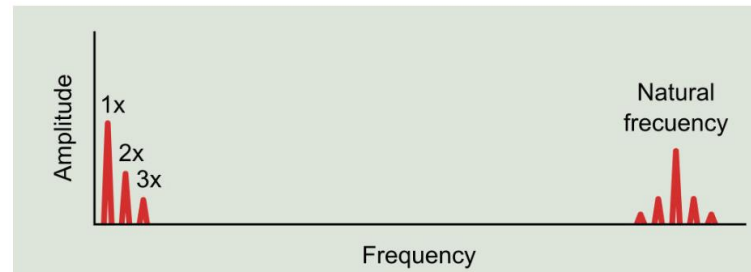
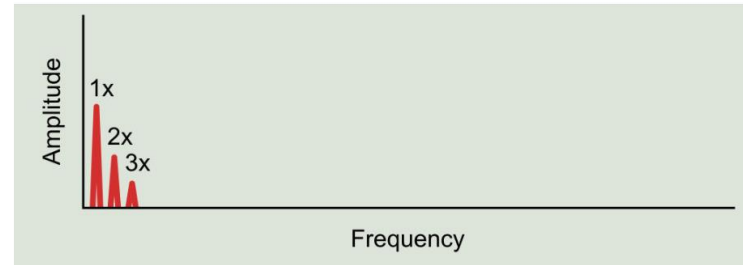


Stage Three: Mid Frequency

Spectrum analysis: Outer race fault

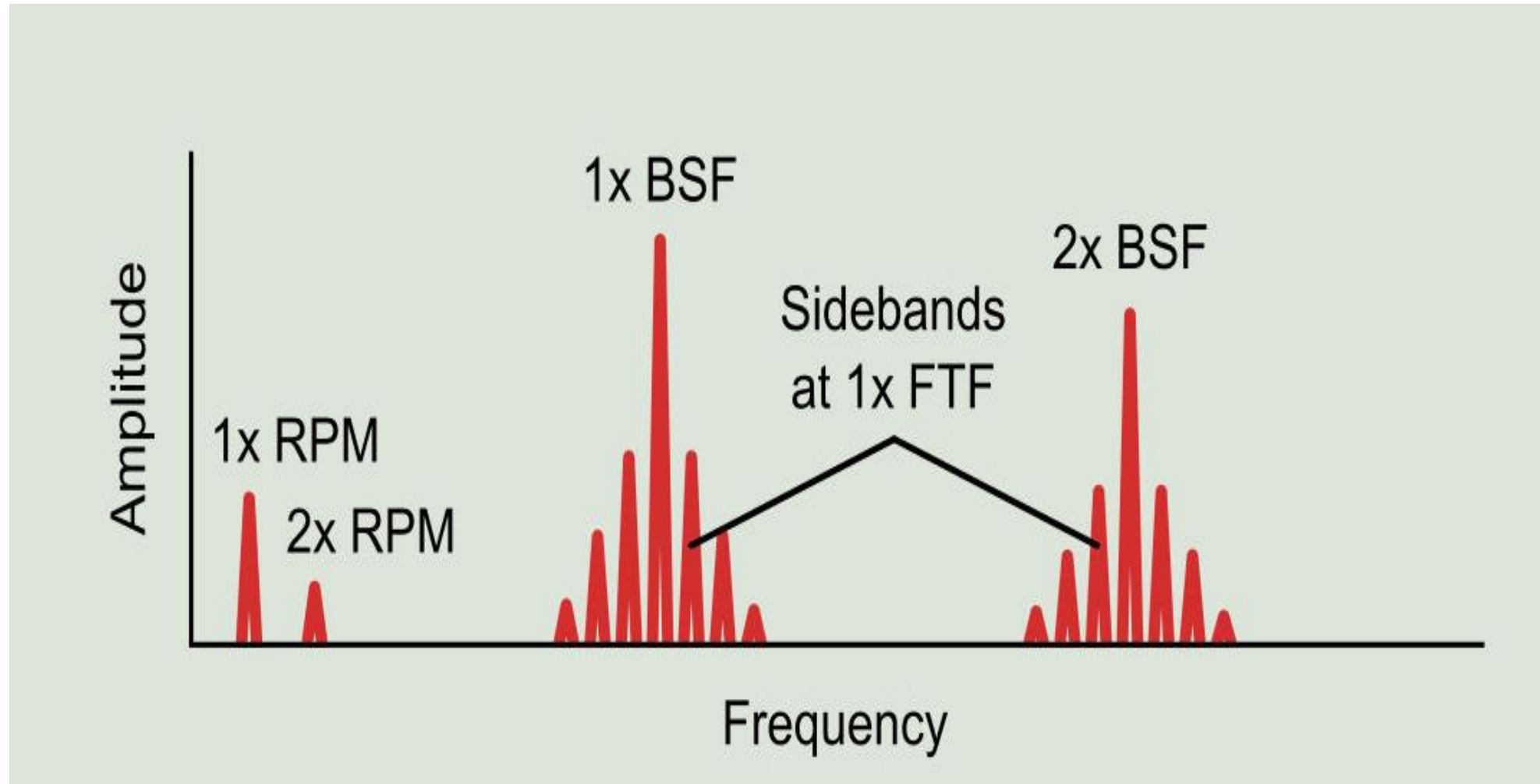


Evolución del Espectro en una falla de bolas.



**Evolución de la falla
en el Tiempo**

Espectro en una falla de cojinete (bearing).



Bibliografía.

- [Manual de análisis de vibraciones.](http://power-mi.vibration_manual.pages.ontraport.net/) Alfonso Fernández. http://power-mi.vibration_manual.pages.ontraport.net/
- Crawford, Arthur r. The Simplified Handbook of Vibration Analysis – Vols. I and II, CSI 1992.
- Eric, Fredric F. Handbook of Rotor Dynamics, Kreiger, 1998.
- Eisenmann, Sr., Robert C. Machinery Malfunction Diagnosis and Correction, Prentice Hall, 1992.
- Eshleman, Ronald L. Basic Machinery Vibration Analysis, VI Press, Inc., Clarendon Hills, IL, 1999.
- Ewins, D.J. Modal Testing – Theory and Practice, Mc. Graw-Hill, Inc. 1992.
- Harris, Cyril M. Shock and Vibration Handbook, (ed), Mc. Graw-Hill, Inc. 1988.
- McConnell, Kenneth G. Vibration Testing – Theory and Practice, John Wiley, NY, 1995.
- Mitchell, John S. An Introduction to Machinery Analysis and Monitoring, Pennwell Publishing Co, 1993.
- Piotrowski, John Shaft Alignment Handbook, Marcel Dekker, Inc. 1986.
- Taylor, James I. The Gear Analysis Handbook, VCI, 2000.
- Taylor, James I. The Vibration Analysis Handbook, VCI 1994.
- Wowk, Victor Machinery Vibration Measurement and Analysis, McGraw-Hill, Inc. 1991.
- ISO 5348: 1988, Mechanical Vibration and Shock – Mechanical mounting of accelerometers.
- ISO 7919/1-5, Mechanical vibration of non-reciprocating machines – Measurements on rotating shafts and evaluation criteria.
- ISO 10816/1-5, Mechanical vibration – Evaluation of machine vibrations by measurement on non-rotating parts with operating speeds from 10 to 200.



FARMMONITORING®
YOUR AGROTECH PARTNER

Contacto:

Teléfono +56 973028200

info@farmonitoring.com

www.farmonitoring.com