

Los Retos de la Monitorización de Equipos Móviles Mineros



La medición de vibraciones ha llegado a su mayoría de edad en los últimos 20 años. Mientras que la práctica de la monitorización online continua de máquinas críticas en las industrias petroquímica, del gas y del petróleo ha sido habitual durante varias décadas, tan sólo recientemente las empresas que han venido empleando técnicas de recopilación de datos intermitente, empiezan a adoptar la monitorización continua.

El nuevo "horizonte" está en los equipos móviles: las dragalinas, palas, excavadoras de rodete, apiladoras-recogedoras y los camiones de transporte pesado son de igual importancia para la producción y tan "críticos" como un compresor de gas.

No obstante, al contrario que en el caso de las máquinas estacionarias, monitorizar equipos móviles plantea grandes retos que deben ser tratados a fin de garantizar una adquisición de datos precisa, repetible y fiable. Las variaciones en la carga y la velocidad suponen tan sólo un elemento de la aplicación.

La logística que subyace al montaje de sensores, cableado, comunicaciones por red y al mantenimiento general lleva consigo complicaciones particulares para la tarea de monitorizar estas máquinas. Trataremos dichos obstáculos y presentaremos nuevas soluciones que poseen el potencial de proporcionar mejoras significativas en cuanto a la fiabilidad de los equipos móviles de gran tamaño.

Variaciones en la Carga y la Velocidad

Una medición de vibraciones fiable y repetible ha dependido históricamente de unas condiciones estables, es decir, de unas RPM y una carga constantes. La repetibilidad, a menudo considerada la piedra angular de una buena recopilación de datos relativos a la vibración, resulta esencial para la evaluación precisa de la condición de una máquina, y más si cabe para estrategias de monitorización intermitente. Los datos deben ser representativos del estado de la máquina y reflejar cambios reales debidos a condiciones de avería incipiente, y no cambios que deriven de variaciones en las condiciones de funcionamiento. A modo de ejemplo, cuando la velocidad varía a lo largo de un ciclo de medición típico, aparecen efectos adversos

- a) que afectan a la fiabilidad de los datos Y más importante
- b) que comprometen la repetibilidad

Una solución ha consistido en llevar a cabo la tarea de medición de vibraciones en la máquina con una condición "cuasi" estable. Tomemos como ejemplo una pala minera típica, como se ilustra aquí. Durante las inspecciones rutinarias de mantenimiento predictivo, la pala es estacionaria al nivel del suelo y los motores eléctricos de 2000HP marchan a velocidad



Figura 1: Pala minera

constante bajo ninguna carga. Las mediciones de vibración en cada uno de los cojinetes del motor (el del lado opuesto al acoplamiento y el del lado del acoplamiento) son fiables, repetibles y no sufren las variaciones que resultan del funcionamiento de la cuchara, del sistema de empuje, de giro o de arrastre.

La limitación de realizar pruebas de esta manera reside en que las condiciones de avería puede que sólo sean evidentes mientras los equipos estén bajo carga, pudiendo emplearse los datos sólo de manera limitada. Algunos dirían: "¡es mejor que nada!" Sin embargo, puede que exista una alternativa mejor por medio del accionamiento selectivo, basado en las RPM.

Estados de Máquina

Definir una "condición de funcionamiento" o un "estado de máquina" repetible, lo que puede identificarse midiendo determinados parámetros como las RPM, la dirección de la rotación y la carga, ayudará a garantizar que los datos de vibración adquiridos durante dicho "estado de máquina" serán fiables y repetibles. En la figura 2, la variación con el tiempo de

las RPM y el nivel de vibración correspondiente plantearía serios problemas para obtener unos datos de tendencia significativos. La determinación de un "estado de máquina" basado en un(os) parámetro(s) medido(s), en este caso las RPM y la dirección de la rotación, garantizará una medida de repetibilidad y dará seguridad a los niveles de vibración por tendencias – Figura 3.

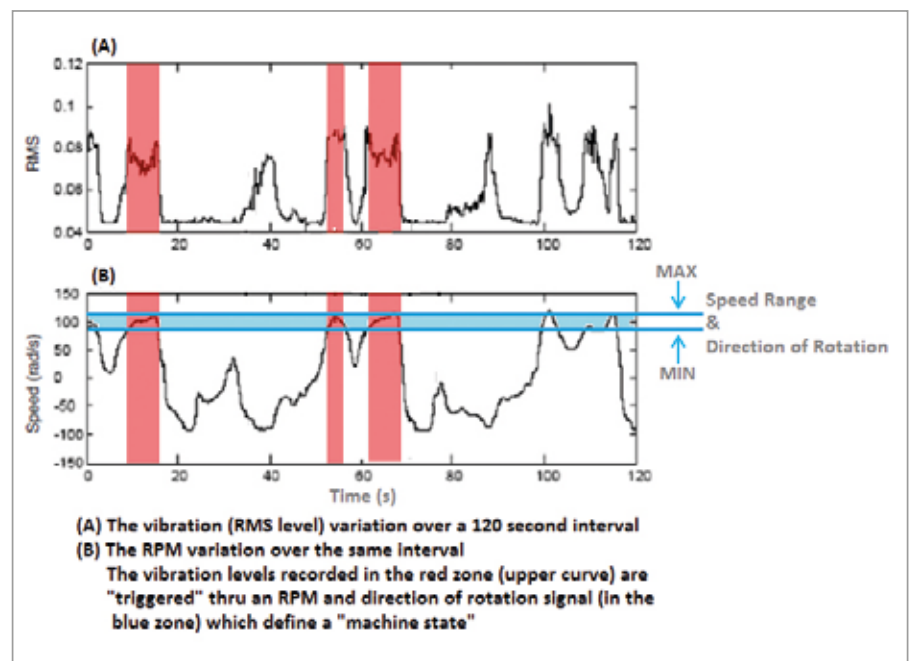
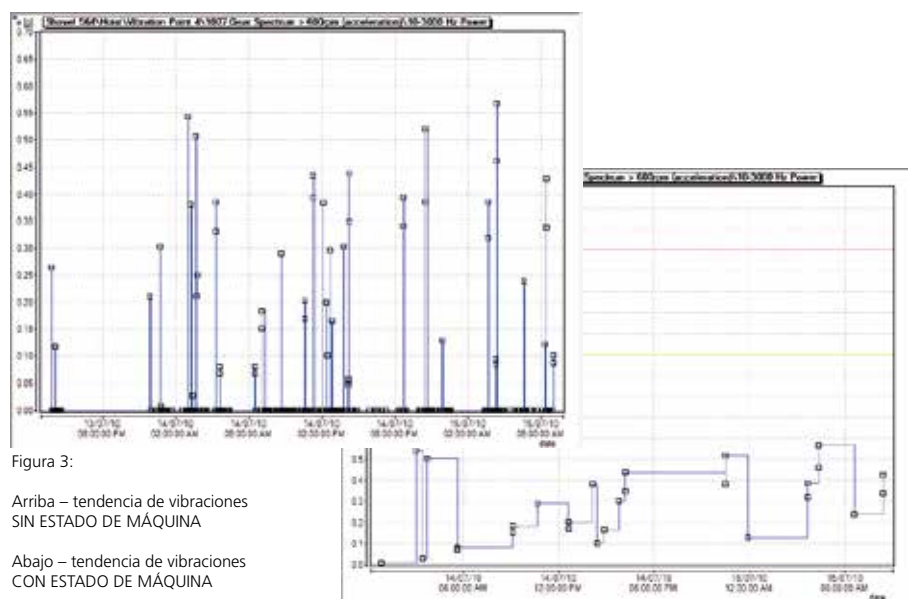


Figura 2: Estados de Máquina



Rastreo de Orden y Análisis de Orden

Métodos de Remuestreo Digitales y Basados en FFT

En algunos casos, las RPM de las máquinas varían continuamente, sin tan siquiera presentar un intervalo breve cuando la velocidad se encuentra en un rango pseudoconstante, lo que dificulta la determinación de un "estado de máquina" (figura 4).

Un análisis FFT normal daría como resultado unos componentes espectrales "dispersos" debido al rápido cambio de las RPM a lo largo del periodo correspondiente a una longitud de registro FFT (figura 5).

La "dispersión" de los componentes de frecuencia resulta de la velocidad de muestreo establecida para el proceso FFT, el rápido cambio de las RPM, la longitud de registro FFT establecida, y la variación correspondiente en el nivel y la frecuencia de la vibración.

El rastreo de orden es un proceso por el cual un componente de frecuencia específico, es decir, el 1X, se extrae de un compuesto de espectros de frecuencia en contraposición con las RPM. Este método es particularmente útil para mediciones en aceleración (run-up) y desaceleración (coast-down), donde los cambios de velocidad suceden durante un breve lapso de tiempo, típicamente 1800RPM hasta 300RPM, y a una velocidad de precesión relativamente moderada. La presentación de los datos brutos como X, Y, Z se cono-

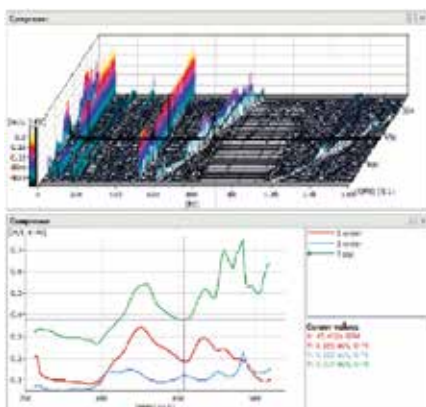


Figura 6:
Arriba – Cascada, amplitud vs frecuencia vs RPM
Abajo – Rebanada a lo largo del eje Z (RPM) de un orden

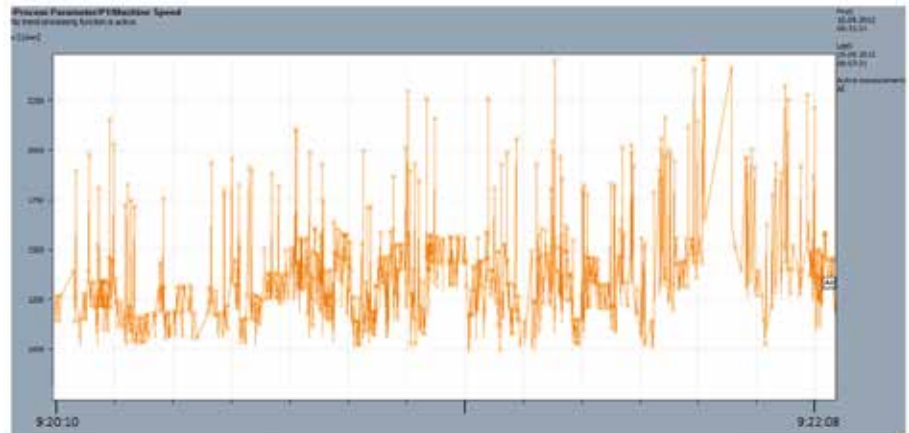


Figura 4: Variaciones continuas de RPM

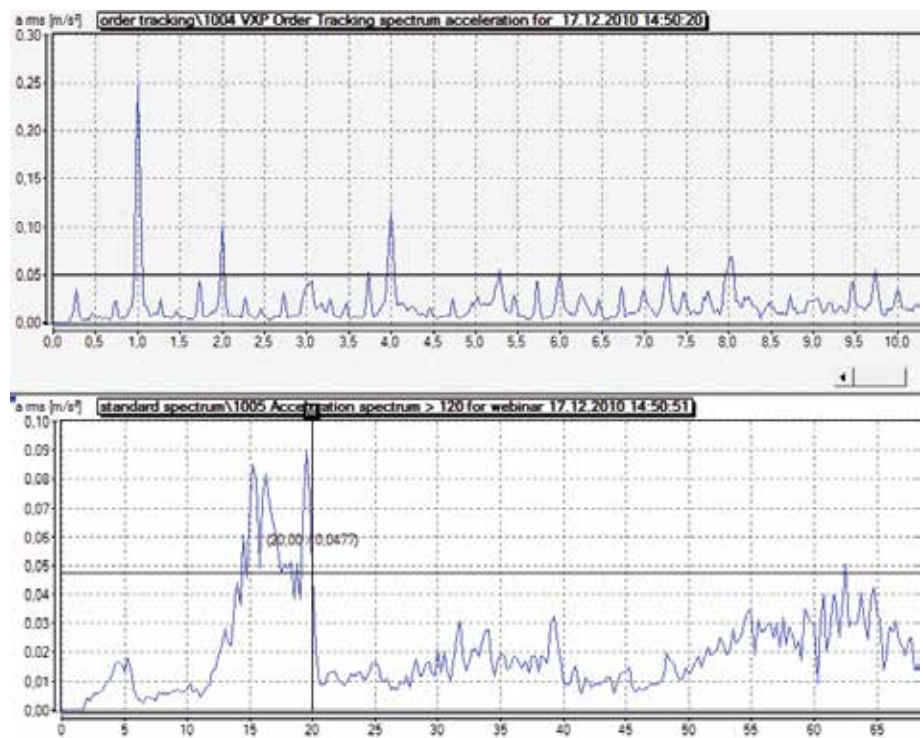


Figura 5:
Arriba – Espectro FFT Normal
Abajo – "Dispersión" del espectro de frecuencia debido a la variación de las RPM

ce como diagrama en "cascada", mientras que nos referimos a los componentes extraídos como "rebanadas" (a lo largo del eje Z) (figura 6).

Esta técnica de rastreo de orden se utiliza a menudo como una herramienta de diagnóstico, en contraposición con un método de monitorización online continua, y se emplea principalmente para identificar resonancias en la maquinaria dentro del rango de velocidad de funcionamiento. Las rebanadas extraídas en contraposición

con las RPM (eje Z) proporcionan al analista una imagen clara de cómo la amplitud de los distintos componentes de frecuencia

$$T = \frac{LOR}{F_{max}} = \frac{1}{\Delta f}$$

donde,

T - longitud de registro FFT en segundos
LOR - Líneas de resolución
F_{max} - Rango de frecuencia máxima
Δf - espacio entre líneas FFT (ancho de banda)

cia, como el 1X, pueden estar excitando determinadas frecuencias naturales en la estructura de la máquina. Nuevamente, la medición debe configurarse con cuidado para evitar una dispersión, teniendo en cuenta la longitud de registro FFT (T^*), el intervalo de RPM y la velocidad de precesión. Por otro lado, el análisis de orden sincroniza la velocidad de muestreo FFT con las RPM de la máquina. En el pasado, este procedimiento se realizaba en tiempo real empleando un multiplicador de frecuencias de rastreo, por el cual la frecuencia de muestreo se derivaba como un múltiplo entero (orden) de las RPM.

En el análisis moderno de señales digitales, se registra la señal de tiempo y la señal de RPM, y el análisis de orden se lleva a cabo como una función de postprocesamiento, por la cual la interpolación de la señal de RPM proporciona una velocidad de "remuestreo" aplicada a la señal de tiempo, creando la posterior FFT el espectro de orden.

Los sistemas modernos de monitorización continua de vibraciones que emplean el análisis de orden, proporcionan a los operadores un método fiable y repetible para comparar espectros de orden en contraposición al tiempo, a fin de visualizar tendencias que surgen de la condición de la máquina y no de las RPM (figura 9).

Instalación de hardware y logística

La selección de las máquinas y de los correspondientes puntos de medición siguen criterios similares a los propios de la monitorización de equipos estacionarios, es decir, criticidad, clasificación, historial de mantenimiento, accesibilidad, consideraciones de seguridad, etc.

Sin embargo, existen algunos aspectos propios de los equipos móviles mineros que requieren un escrutinio adicional:

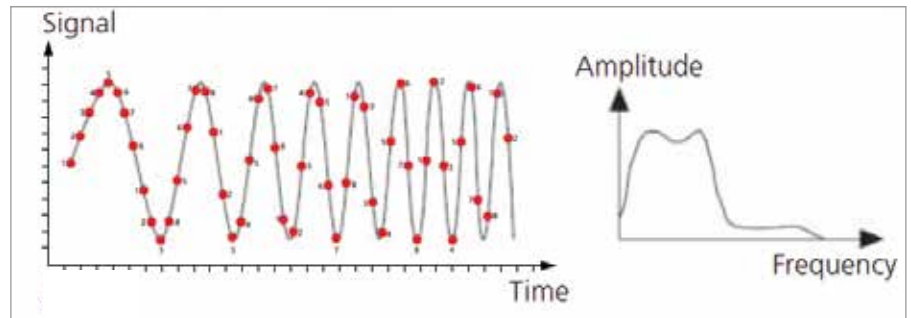


Figura 7: La velocidad de muestreo FFT establecida deriva en una dispersión con RPM cambiante.

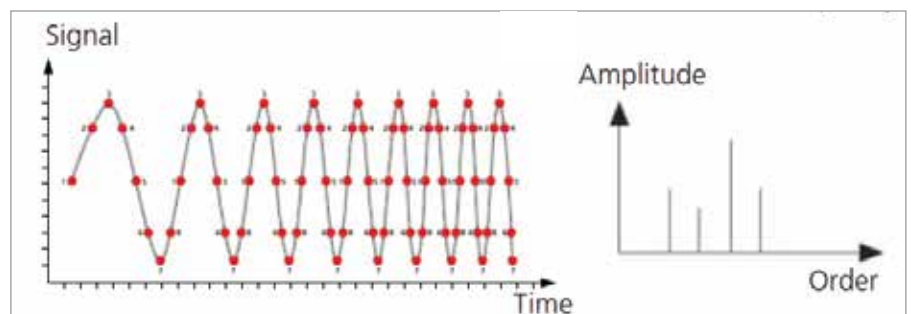


Figura 8: Velocidad de muestreo sincronizada con resultados de RPM en órdenes discretos

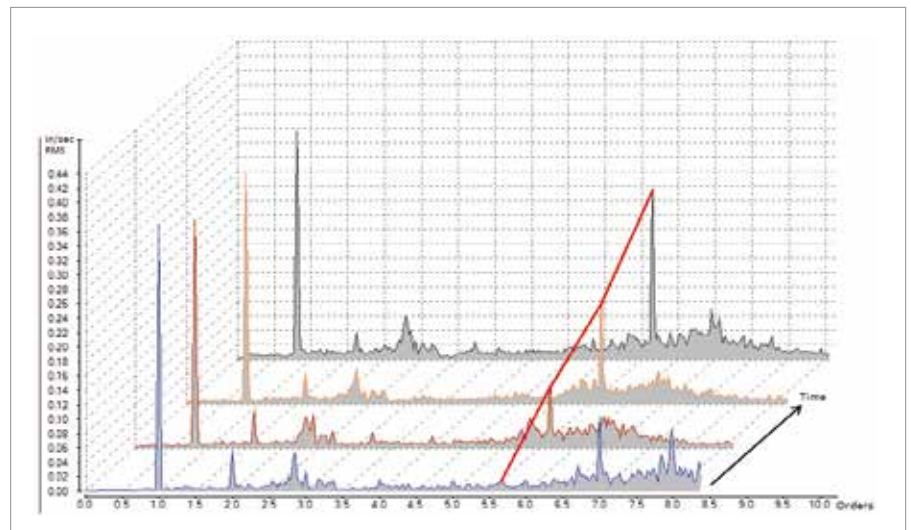


Figura 9: Espectros de orden vs tiempo

- a) Conectividad de sensores y accesibilidad
- b) Localización de los equipos dentro del yacimiento minero
- c) Comunicación por red y configuración del software del PC

Los sensores, como los acelerómetros, están contruidos para soportar condiciones industriales duras, pero mientras que los

tramos de cable de las instalaciones estacionarias se encuentran en un entorno relativamente estático, los cables de los sensores de los equipos móviles requieren protección adicional contra el desgaste, entre otros fenómenos. En estas instalaciones se ha empleado una manguera hidráulica de pequeño diámetro de manera satisfactoria (figura 10).



Figura 10: Mini acelerómetro, carcasa y protección del cable de la manguera hidráulica

Es posible que el taladrado y roscado para el montaje de transductores no se permita, particularmente durante los periodos de garantía, ya que muchos fabricantes de equipos originales no están familiarizados con el principio que subyace a la monitorización de vibraciones y/o simplemente rechazan la colocación por terceros de

aparatos "no aprobados".

Algunos fabricantes importantes sí prevén el montaje de acelerómetros. Sin embargo, lo hacen de manera tardía y normalmente no se corresponde con el punto de medición ideal.

Los sistemas de monitorización actuales emplean comunicaciones por red TCP/IP

y pueden equiparse con un módem inalámbrico para comunicaciones con la red Wi-Fi interna.

Algunos fabricantes de soluciones online de monitorización de vibraciones ofrecen alojamiento web y datos a través de servidores en la nube. Esta opción es cada vez más popular, ofreciendo muchas soluciones a las cuestiones de seguridad de redes



Figura 11: Bloque de montaje del acelerómetro – motor con cojinete del lado del acoplamiento

internas y acceso externo al distribuidor (para asistencia técnica, actualizaciones de sistema, etc.).

El elemento de red de la instalación requiere una planificación meticulosa, transparencia y un acuerdo absoluto sobre la propiedad de los datos. Los departamentos informáticos son los actores principales en la instalación del software, configuración de la red, y en garantizar el acceso al distribuidor a través de la nube, TeamViewer™ o aplicaciones de escritorio remoto.

Por último, es posible que los equipos mineros completamente móviles, como los camiones de transporte pesado, deban detenerse en un "punto de acceso de datos" para subir mediciones a la red debido a la cobertura Wi-Fi.

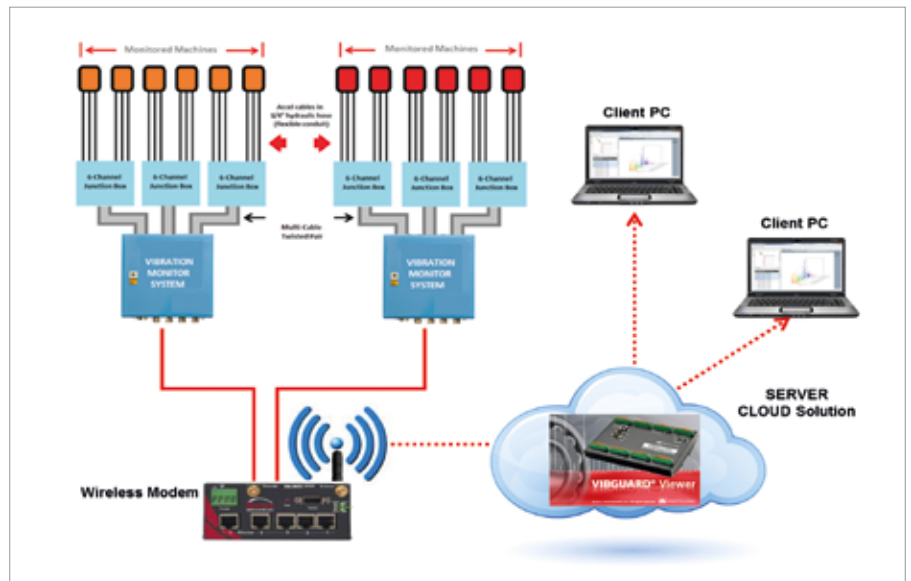


Figura 12: Resumen de la monitorización de vibraciones

Aplicación PC – Configuración

Los gerentes de minas, operadores, planificadores y el personal de mantenimiento NO SON ANALISTAS DE VIBRACIONES. Ellos necesitan información puntual y práctica sobre el estado de los equipos por medio de interfaces de usuario simplificadas, sin esperar durante días los informes de análisis de vibraciones.

Resumen

Los equipos móviles mineros conllevan unos costes de capital enormes; su funcionamiento y mantenimiento son caros, y son de importancia crítica para la productividad de la mina. La monitorización de vibraciones ha supuesto un ahorro significativo durante muchos años en el mantenimiento y funcionamiento de los equipos de instalaciones estacionarias.

En la actualidad, gracias a los avances en el procesamiento de señales, diseño de transductores y opciones de red, los ope-

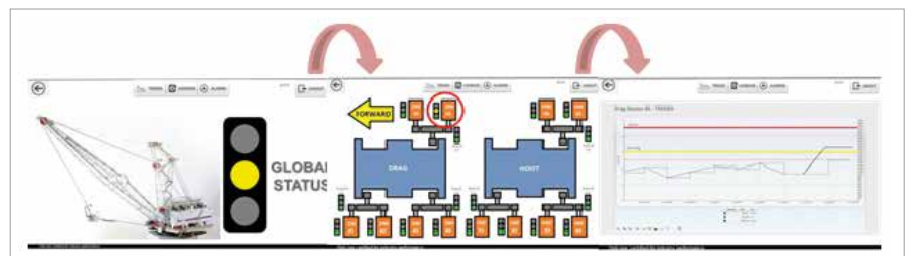


Fig 13: Una HMI* simplificada proporciona datos puntuales sobre la condición de la máquina * Human Machine Interface ('Interfaz Hombre-Máquina')

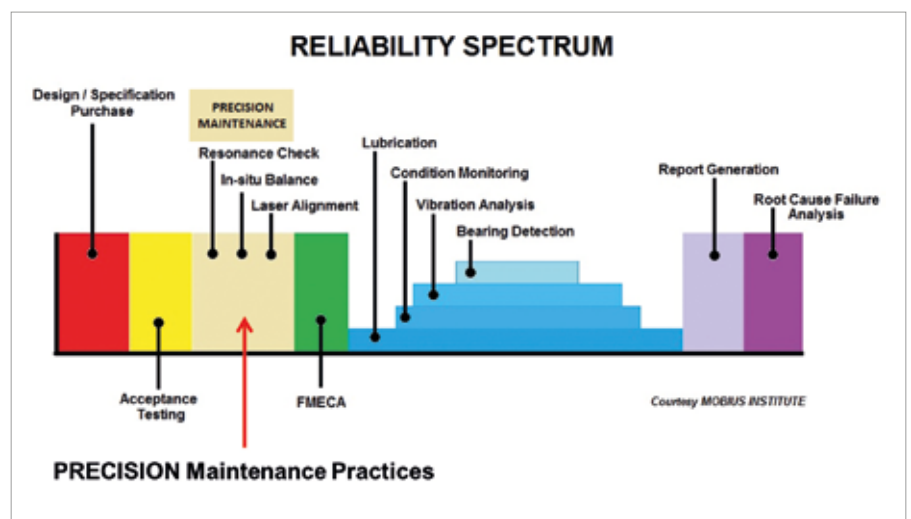


Fig 14: Espectro de fiabilidad

radores de máquinas pueden empezar a sacar provecho de las ventajas de la monitorización de vibraciones – reducción de los tiempos de parada, menos costes de explotación y mantenimiento, disminución de los inventarios de recambios, optimización del plan de mantenimiento predictivo y mayor disponibilidad de los equipos. El camino hacia un mantenimiento basado en la fiabilidad se está haciendo más transitable. Recuerde... “Para alcanzar algo que nunca has tenido, tendrás que hacer algo que nunca hiciste”.

Autor:**Ron Newman,**

Ventas y Asistencia Técnica,
PRUFTECHNIK Canada,
rnewman@pruftechnik.ca

Acerca de PRUFTECHNIK

El Grupo PRUFTECHNIK, con sus filiales y socios en más de 70 países a nivel mundial, continúa estableciendo nuevos estándares a través de desarrollos tecnológicos innovadores y avances en el campo de la alineación de máquinas y la tecnología de medición de vibraciones, con el fin de maximizar y optimizar la seguridad en el funcionamiento de máquinas y plantas.

Contacto de prensa

Anne-France Carter
Tel.: +49 89 99616-235
anne-france.carter@pruftechnik.com

PRUFTECHNIK Dieter Busch AG
Oskar-Messter-Str. 19-21
85737 Ismaning (Alemania)
www.pruftechnik.com