

Plan de mantenimiento predictivo

Seis pasos para pasar de reparar lo que se rompe a intervenir según la condición del equipo

Muchas plantas compran un colector de vibraciones o una cámara termográfica y a los seis meses el equipo está en un cajón. El problema no es la técnica sino la falta de plan: qué equipos medir, con qué, cada cuánto, contra qué límite y qué hacer cuando el valor sube. Un programa predictivo es un circuito cerrado de medición, decisión y orden de trabajo, no una colección de mediciones.

Ideas clave

- Primero criticidad: no todos los equipos merecen el mismo esfuerzo de monitoreo.
- Un valor aislado dice poco; la tendencia contra la línea de base de cada equipo es lo que avisa.
- Cada alarma tiene que terminar en una decisión y, si corresponde, en una orden de trabajo.

Paso 1: inventario y criticidad

Armá la lista completa de equipos rotativos con su código, ubicación, potencia, velocidad, tipo de rodamientos y si tienen reserva instalada. Después asigná a cada uno una criticidad según qué pasa si para: impacto en producción, seguridad, ambiente y costo de reparación.

Criticidad	Criterio orientativo	Ejemplos típicos
A	Su parada detiene la producción o genera un riesgo de seguridad o ambiental; sin reserva	Bomba de transferencia sin respaldo, inyección de agua, bomba de proceso única
B	Su parada reduce capacidad o tiene reserva con conmutación manual	Bombas duplicadas con una en espera, servicios de planta
C	Su parada no afecta la producción en el corto plazo; reparación barata	Bombas de drenaje, achique, servicios auxiliares

Revisá la clasificación con operaciones, no solo con mantenimiento: el que sabe qué pasa en la planta cuando para un equipo es el operador.

Paso 2: qué técnica ve qué falla

Cada técnica detecta mejor ciertos modos de falla y en distinto momento de la curva P-F. El plan combina técnicas según los modos de falla de cada equipo.

Modo de falla	Vibraciones	Termografía	Análisis de aceite	Ultrasonido / caudal	Eléctrica
Desbalance, desalineación	Sí	Indirecta	No	No	No
Falla de rodamiento	Sí, temprana	Tardía	Sí	Sí (acústico)	No

Modo de falla	Vibraciones	Termografía	Análisis de aceite	Ultrasonido / caudal	Eléctrica
Falta o exceso de lubricación	Parcial	Sí	Sí	Sí (acústico)	No
Cavitación, recirculación	Sí	No	No	Sí	No
Desgaste interno de la bomba	Parcial	No	No	Sí (caudal y presión)	Potencia
Conexiones flojas, desbalance de fases	No	Sí	No	No	Sí
Deterioro de aislación del bobinado	No	Parcial	No	No	Sí (megado, IP)
Barras rotas del rotor	Sí	No	No	No	Sí (corriente)

Orientativo. IP: índice de polarización. La detección depende del equipo, de la técnica de medición y del analista.

Pasos 3 y 4: frecuencias, rutas y puntos

La frecuencia de medición tiene que ser más corta que el intervalo P-F del modo de falla que querés atrapar: si una falla de rodamiento tarda semanas en pasar de detectable a funcional, medir cada seis meses no sirve. Una práctica habitual es medir a intervalos de la mitad del intervalo P-F o menos. Como punto de partida:

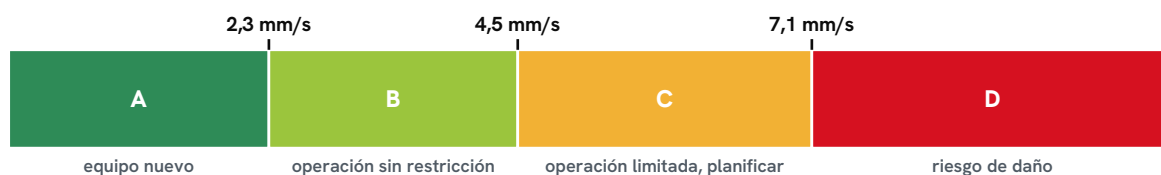
Técnica	Criticidad A	Criticidad B	Criticidad C
Vibraciones	Mensual o monitoreo en línea	Bimestral a trimestral	Trimestral o inspección de ruta
Termografía	Trimestral	Semestral	Anual
Análisis de aceite (cajas con aceite)	Trimestral	Semestral	Según condición
Rendimiento hidráulico (caudal, presiones, potencia)	Semestral	Anual	No habitual
Ensayos eléctricos y megado	Anual	Anual	En cada reparación

Frecuencias orientativas. Acortalas cuando un equipo entra en zona C o muestra tendencia creciente.

- Ordená los equipos en **rutas** que se recorran en una jornada, en el mismo orden cada vez.
- **Codificá cada punto** de medición: equipo, lado (lado acople o lado libre), dirección (horizontal, vertical, axial). Ejemplo: P-101 / Motor LA / H.
- **Marcá físicamente los puntos** en la carcasa (punto de pintura o base para sensor magnético): medir 3 cm más arriba cambia el valor.
- Registrá siempre las condiciones de operación: caudal o presión, velocidad, temperatura del producto. Sin eso, dos mediciones no son comparables.

Paso 5: niveles de alarma y qué hacer en cada zona

Para la severidad global de vibración, ISO 10816-3 da límites de zona en velocidad RMS (10 a 1.000 Hz) medida sobre los alojamientos de los rodamientos. Las bombas centrífugas de más de 15 kW con motor separado (acople) son **grupo 3**. El **grupo 2** corresponde a máquinas medianas de 15 a 300 kW, como los motores eléctricos de ese rango: sirve para evaluar el motor del conjunto.



ISO 10816-3, grupo 3 (bombas de más de 15 kW con motor separado), base rígida · velocidad de vibración RMS

Zona	Grupo 3, base rígida	Grupo 3, base flexible	Grupo 2, base rígida
A/B	2,3 mm/s	3,5 mm/s	1,4 mm/s
B/C	4,5 mm/s	7,1 mm/s	2,8 mm/s
C/D	7,1 mm/s	11,0 mm/s	4,5 mm/s

Límites de zona en velocidad RMS según ISO 10816-3. Grupo 3: bombas centrífugas, mixtas o axiales de más de 15 kW con motor separado. Grupo 2: máquinas de 15 a 300 kW (por ejemplo, el motor). Para grupo 2 sobre base flexible: 2,3 / 4,5 / 7,1 mm/s. ISO 20816-3 reemplazó a la ISO 10816-3 y para bombas rotodinámicas existe ISO 10816-7: verifíca qué norma y edición toma tu planta como referencia, y los valores del fabricante.

Zona	Significado	Qué hacer
A	Típica de equipos nuevos o recién reparados	Registrar como línea de base; seguir la ruta normal
B	Aceptable para operación sin restricciones a largo plazo	Seguir la tendencia; analizar si sube respecto de la línea de base
C	No apta para operación continua a largo plazo	Diagnosticar con espectro, acortar la frecuencia y programar la intervención en la próxima parada
D	Severidad suficiente para causar daño	Intervenir: reducir carga o parar en cuanto la operación lo permita

REGLA PRÁCTICA

Una bomba de grupo 3 sobre base rígida que pasa de 1,2 a 2,5 mm/s apenas cruza de zona A a zona B, pero duplicó su vibración. El cambio contra la línea de base avisa antes que el límite absoluto.

Paso 6: línea de base, informe e indicadores

La **línea de base** es la primera medición completa de cada equipo en buen estado: después de una reparación, de una alineación o en la puesta en marcha. Guardá valores globales, espectros, temperaturas y condiciones de operación. Sin línea de base no hay tendencia, y sin tendencia el programa solo detecta fallas avanzadas.

El informe de cada ruta tiene que ser corto y accionable: equipo, estado (normal, alerta, alarma), diagnóstico probable, acción recomendada y plazo. Cada alerta o alarma genera una orden de trabajo en el sistema de mantenimiento, y el cierre de esa orden registra qué se encontró al desarmar. Ese dato realimenta el diagnóstico.

- **MTBF** (tiempo medio entre fallas) = horas de operación ÷ número de fallas. Ejemplo: 12 bombas que suman 96.000 h de marcha en el año con 8 fallas dan un MTBF de 12.000 h.
- **Disponibilidad** = $MTBF \div (MTBF + MTTR)$. Con el ejemplo anterior y un tiempo medio de reparación de 36 h: $12.000 \div 12.036 \approx 99,7 \%$.
- **Porcentaje de órdenes predictivas**: órdenes originadas por una detección del programa sobre el total de órdenes de reparación. Si sube, el programa está anticipando fallas.
- **Cumplimiento de rutas**: puntos medidos sobre puntos programados. Si cae, las tendencias se cortan.

Checklist para planta

- ☐ Listá todos los equipos rotativos con código, potencia, velocidad y reserva.
- ☐ Asigná criticidad A, B o C junto con operaciones.
- ☐ Definí para cada equipo qué técnicas aplican según sus modos de falla.
- ☐ Fijá frecuencias por criticidad y armá rutas recorribles en una jornada.
- ☐ Codificá y marcá físicamente cada punto de medición.
- ☐ Tomá la línea de base de cada equipo en buen estado.
- ☐ Definí niveles de alerta y alarma y qué acción dispara cada uno.
- ☐ Medí cada mes MTBF, disponibilidad, órdenes predictivas y cumplimiento de rutas.

Cómo te ayuda WPM

Armamos el plan con tu equipo: inventario, criticidad, rutas codificadas y línea de base. Hacemos las mediciones de vibraciones, termografía y caudal ultrasónico en campo, entregamos un informe por equipo con diagnóstico y acción recomendada, y en el taller resolvemos lo que el programa detecta.

WhatsApp +54 9 299 455-3106 · ventas@wpmweb.com.ar

www.wpmweb.com.ar/servicio-en-campo/planes-de-mantenimiento

Taller y oficinas: Tita Merello 3200, Neuquén Capital. Más de 25 años en bombas y motores.

Referencias. ISO 10816-3 / ISO 20816-3, Evaluación de la vibración de máquinas por mediciones en partes no rotativas · ISO 10816-7, Bombas rotodinámicas para aplicaciones industriales · ISO 17359, Monitoreo de condición y diagnóstico de máquinas: lineamientos generales · ISO 18434-1, Termografía para monitoreo de condición · IEEE 43, Ensayo de resistencia de aislación en máquinas rotativas

Contenido orientativo. Los valores de referencia no reemplazan las indicaciones del fabricante del equipo ni la evaluación en sitio.