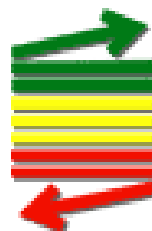


MOTRONIC



SERVICE, S.A.

MANTENIMENT PRODUCTIU

El manteniment no és un gasto

OPERACIÓ I MANTENIMENT DE MOTORS ELÈCTRICS AC

El manteniment productiu és necessari?

- **Seguretat** del personal i seguretat dels sistemes elèctrics
- **Confiabilitat** dels equips productius
- **Flexibilitat** als sistemes electromecànics

SÍ

Però no implica perdre diners en aplicar tot aquest procés?

- Estalvi de costos de la **NO-Producció**.
- Evita l'ús de **Manteniments Correctius**
- Assegurar la **Rentabilitat** de l'empresa
- Fabricació amb **Qualitat** controlada

NO

I com s'aconsegueix aquesta fórmula?

- Aplicació del **Manteniment Proactiu**
- Aplicació del **Manteniment Predictiu**
- **Anàlisi de la causa arrel**
I per tant cal
- Implicació del **Factor humà**
- Invertir en **Formació** específica

Manteniment
Eficaç

I quins tipus de manteniment productiu existeixen **tradicionalment**?

- **MANTENIMENT PREVENTIU**

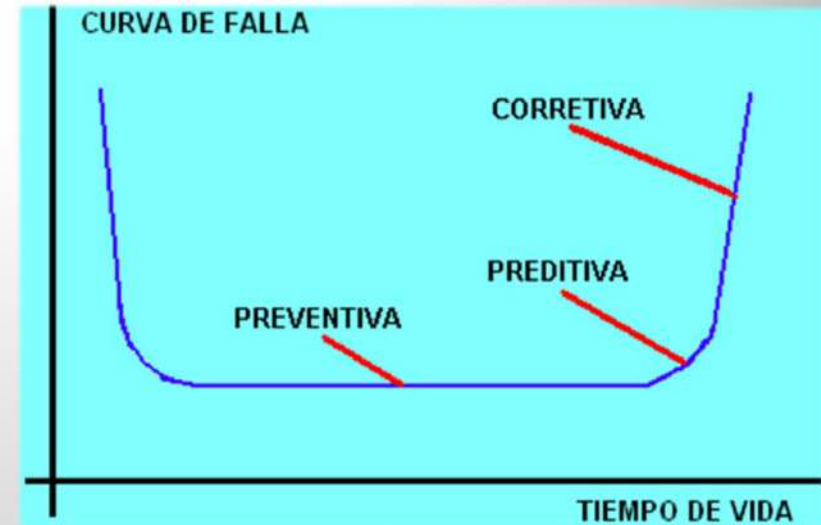
- Sota el lema: “**Toca canviar...**”
- Parada programada
- Risc mantenció sense necessitat
- Pot implicar risc d'accident

- **MANTENIMENT PREDICTIU**

- Sota el lema: “**Toca verificar...**”
- Lectura paràmetres operacionals
- Elèctrics, Mecànics, Tèrmics, ...
- Evaluació Visual

- **MANTENIMENT CORRECTIU O REACTIU**

- Sota el lema: “**S’ha trencat!**”
- Parades NO programades
- Pèrdua de Producció
- Molts recanvis sense ús
- Risc d'accident



Però el Manteniment és només quan l'equip treballa?

NO

- Transport i Magatzem
 - **Inspecció visual** possibles desperfectes deguts al transport
 - Punts segurs i correctes per **l'elevació**
 - Verificar el **pes i la capacitat** de l'equip de manipulació
 - No extreure **embalatge ni protecció** en manipulació
 - **Condicions del magatzem** com la humitat, pols, vibracions, anivellat, ...
 - Girar el rotor periòdicament per **evitar marques**



I què passa si no aplico manteniment al magatzem?

- Reducció de la resistència de **l'aïllament** / oxidació
- **Oxidació** del rodaments
- El pes de l'eix elimina el **greix de contacte** anell-boles
- Condicions **ambientals** (T^a , H) afecten en perjudici
- Condicions de **neteja** (pols, brutícia, greix)



I que puc fer per evitar tot això?

- **Girar l'eix** del motor 4 o 5 voltes 1 cop al més per evitar marques
- Magatzem en locals de **poca vibració**
- Condicions de **neteja** “acceptables”

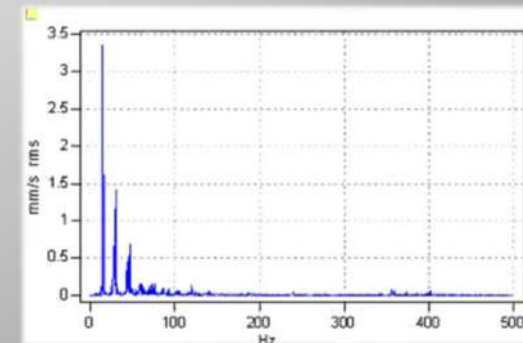
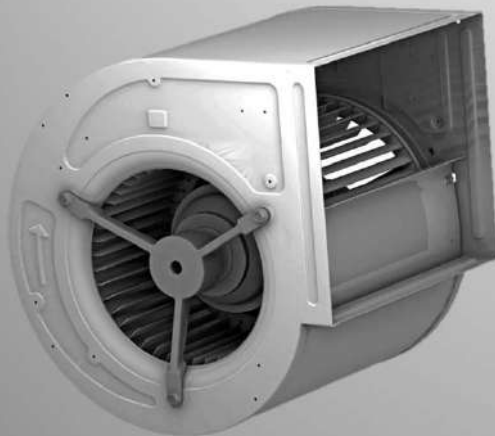
Manteniment!!!



Però el Manteniment és només quan l'equip treballa?

NO

- Connexió elèctrica i Posada en Marxa
 - Personal **Qualificat**
 - **Connexió ferma** sense cablejat solt
 - Verificar paràmetres **AÏLLAMENT** $\geq 1\text{M}\Omega$ a 500V
 - Verificar paràmetres **VIBRACIÓ** $\text{RMS} \leq 4,5\text{mm/s}$ (segons màquina)
 - Vigilar **ventilacions** (obstruccions, calor, sentit de gir, ...)
 - No falsejar proteccions “**Pontejar**”



Però el Manteniment és només quan l'equip treballa?

NO

- Instal·lació

- Verificació de la base (rigidesa, capacitat mecànica)
- Correcta alineació i planitud
- Direcció de gir
- Verificació de tensió de corretges o bandes
- Engrassament del motor



La alineació de precisió amb làser, és juntament amb l'equilibrat dinàmic i la correcta lubricació els primers puntals del manteniment proactiu



Que s'ha de controlar en un motor elèctric?

TOT

- **Components Mecànics**

- Carcassa
- Escuts
- Rodaments
- Eix
- ...

Suport de Components
Suport de l'eix
Permet Rotació ròtor
Transfereix Parell

Vibracions, toleràncies
Caixeres, encast
Condició
Estat mecànic, sortida

- **Circuit Elèctric**

- Bobinat estatòric
- Gàvia rotòrica

Crea camp magnètic
Crea Parell electromagnètic

Aïllament i equilibrat
Excentricitat i barres

- **Circuit Magnètic**

- Empilat estatòric
- Laminació rotòrica

Transporta el camp magnètic
Transporta el camp magnètic

Deteriorament
Deteriorament

Monitoritzar Operació

TOT

Que s'ha de controlar en un motor elèctric?

- **Components Mecànics**

• Carcassa	<i>Suport de Components</i>	<i>Vibracions, toleràncies</i>
• Escuts	<i>Suport de l'eix</i>	<i>Caixeres, encast</i>
• Rodaments	<i>Permet Rotació ròtor</i>	<i>Condició</i>
• Eix	<i>Transfereix Parell</i>	<i>Estat mecànic, sortida</i>
• Escombretes	<i>Interconnexió fixe a mòvil</i>	<i>Longitud i estat</i>
• Col·lector	<i>Commutació</i>	<i>Funcionament i estat</i>

- **Circuit Elèctric**

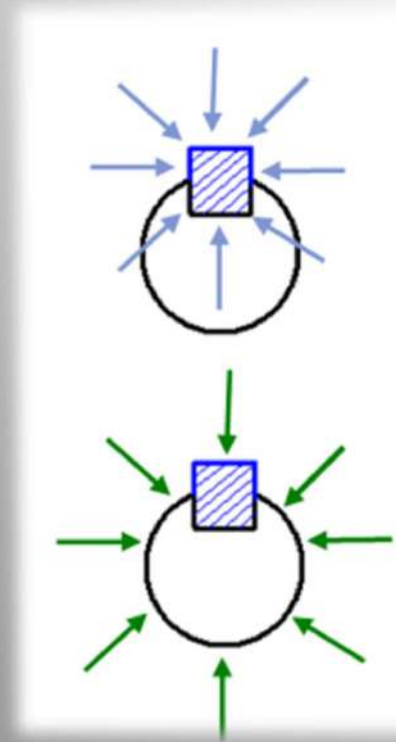
• Bobinat d'excitació	<i>Crea camp magnètic</i>	<i>Aïllament</i>
• Induït	<i>Crea Parell electromagnètic</i>	<i>Aïllament i qualitat</i>

- **Circuit Magnètic**

• Empilat estatòric	<i>Transporta el camp magnètic</i>	<i>Deteriorament</i>
• Laminació rotòrica	<i>Transporta el camp magnètic</i>	<i>Deteriorament</i>

Exemple: Acoblament d'un motor eix de 38mm amb tolerància k6

En un motor NO ha de treballar la **xaveta**, ha de treballar la **interferència**



NO

SÍ

IEC 60072-1

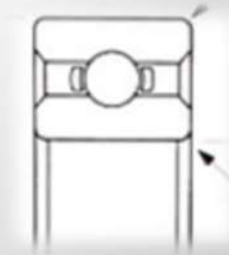
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

I quins tipus de rodaments existeixen?

MOLTS

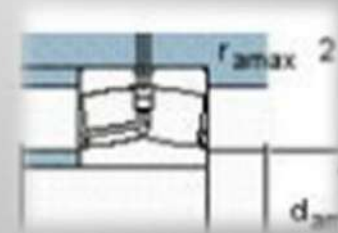
- **RODAMENTS DE BOLES**

- El més utilitzat
- Gamma àmplia d'aplicacions
- Alta rotació i baix soroll
- Carga radial i axial en ambdós sentits



- **RODAMENTS DE “RODILLOS”**

- Gran esforç radial i sense axial
- Muntatge més complex



- **RODAMENTS DE CONTACTE ANGULAR**

- Soporten grans esforços axials
- Treballen únicament en un sentit
- A més angle, més esforç
- No són simètrics



DEPÈN

I com es lubriquen els motors?

Hi ha motors que els rodaments estan **lubricats de per vida**

Hi ha motors que incorporen **engrassadors**

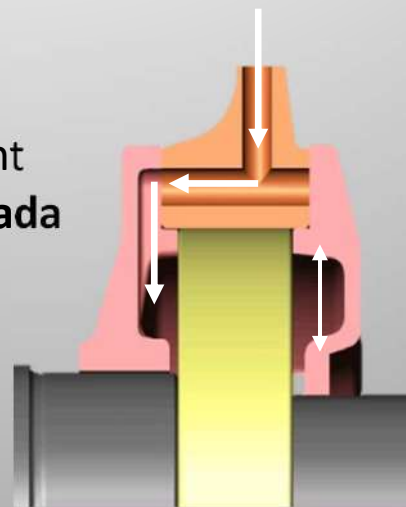
- Es recomana engrassar amb el motor en **marxa**

Quan es lubrica un motor nou o recién reparat

- **Omplir el 75%** del rodament amb greix.
- **No sobreengrassar**

Quan no es disposa d'engrassadors

- Treure la tapa i **netejar** el rodament
- Omplir amb la **quantitat recomenada**
- Repartir **equilibradament**



I com monten els rodaments?

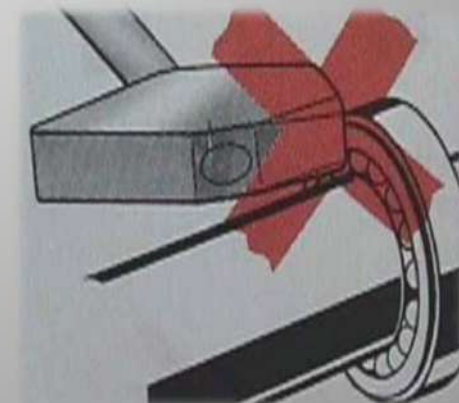
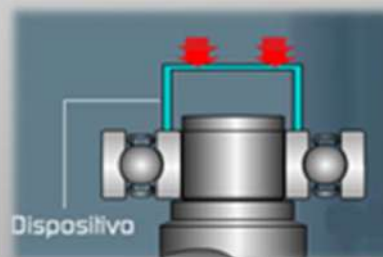
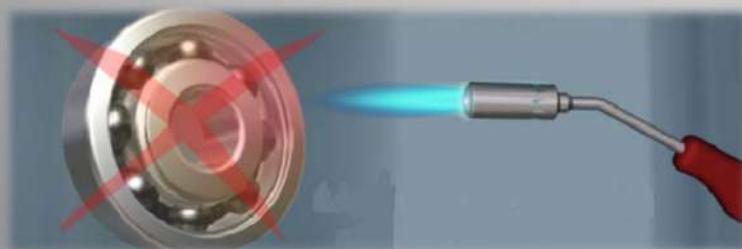
Els rodaments es poden muntar de moltes maneres, per exemple per calentament inductiu.

Els calentaments solen anar desde 80°C a 100°C. **No passar de 120°C.**

NO ES FA SERVIR EL SOPLET DIRECTE PER CALENTAR!

Es munten amb prenses i dispositius adequats. **No es munten a cops.**

Per desmuntar s'utilitzen extractors hidràulics o manuals.



I per què serveix el greix?

- Reducció del desgast
- Prolongació de la vida de fatiga
- Dissipador de calor
- Preveu oxidació i corrosió
- Sellador d'entrada de contaminants
- Redueix el soroll de gir dels rodaments



Quina és la vida del greix? **DEPEN**

- Factor temperatura
- Factor contaminants
- Factor velocitat
- Factor esforços mecànics

Doncs així lubriquem molt! **NO**

- Augment de la temperatura
- Augment de les pèrdues
- Reducció vida útil rodament i greix
- Penetració al bobinat i reducció de l'aïllament estatòric

LUBRICACIÓ S/ FABRICANT

Un dels principals origen de les falles als motors, la vibració

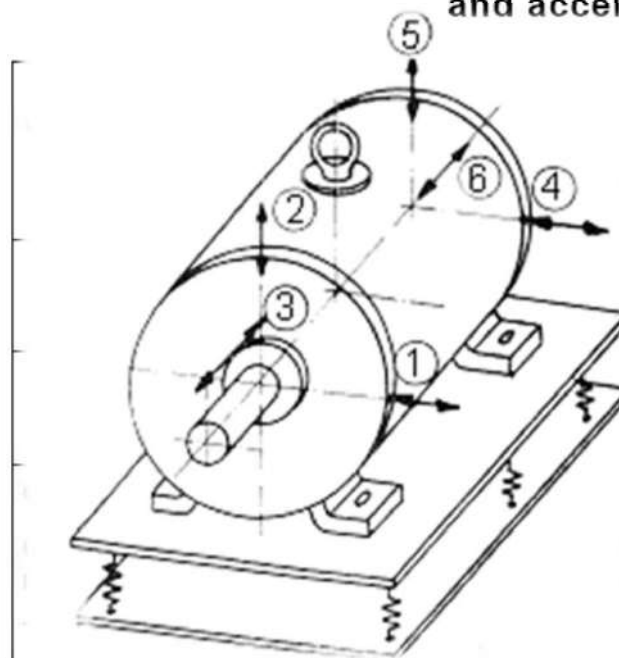
La vibració juntament amb la temperatura es un indicador de la condició de estat de la fiabilitat

La normativa aplicada és correspon a IEC 60034-14 per banc de proves i a la ISO 10816-3 per aplicacions en règim

I on es mesura la vibració?

I com se sap si és perjudicial o no?

Table 1 – Limits of maximum vibration magnitude in displacement, velocity and acceleration (r.m.s.) for shaft height H



$H \leq 132$		$132 < H \leq 280$			$H > 280$		
Vel. mm/s	Acc. m/s ²	Displac. μm	Vel. mm/s	Acc. m/s ²	Displac. μm	Vel. mm/s	Acc. m/s ²
1,6	2,5	35	2,2	3,5	45	2,8	4,4
1,3	2,0	29	1,8	2,8	37	2,3	3,6
0,7	1,1	18	1,1	1,7	29	1,8	2,8
–		14	0,9	1,4	24	1,5	2,4

Special vibration requirements.

vibration requirements. Rigid mounting is not considered acceptable for mm.

/velocity and velocity/acceleration are 10 Hz and 250 Hz respectively.

Normativa ISO 10816-3

DIN ISO 10816-3	Grupo 1		Grupo 2	
Tipo de máquina	Máquinas grandes 300 kW < P < 50 MW		Máquinas medianas 15 kW < P < 300 kW	
	Motor H > 315 mm		Motor 160 mm < H < 315 mm	
Fundamento	flexible	rígido	flexible	rígido
Velocidad v mm/s rms				
11,0		D		
7,1				
10–1000 Hz r > 600 rpm		C		
4,5				
2–1000 Hz 120 < r < 600 rpm		B		
3,5				
2,8				
2,3				
1,4		A		
©PRÜFTECHNIK AG				
A Máquinas recién puestas en operación	B Operación a largo plazo sin restricciones	C Operación a largo plazo con restricciones	D Vibraciones que causan daños	

Motor de 55kW en bancada i una vibració de 4,1mm/s

ALERTA

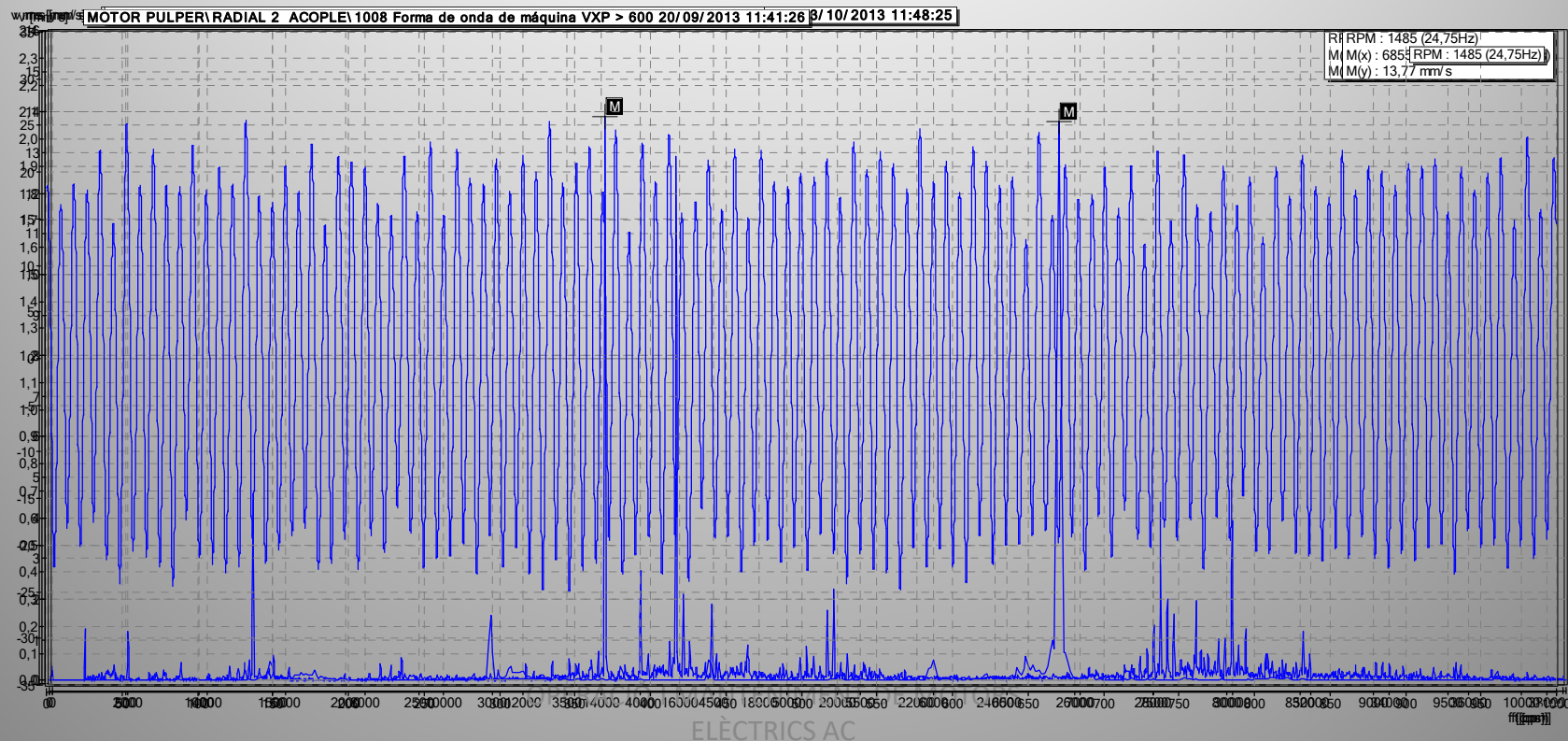
Motor de 500kW en bancada i una vibració de 4,1mm/s

OK

Què es busca quan es mira la vibració d'una màquina? **DE TOT**

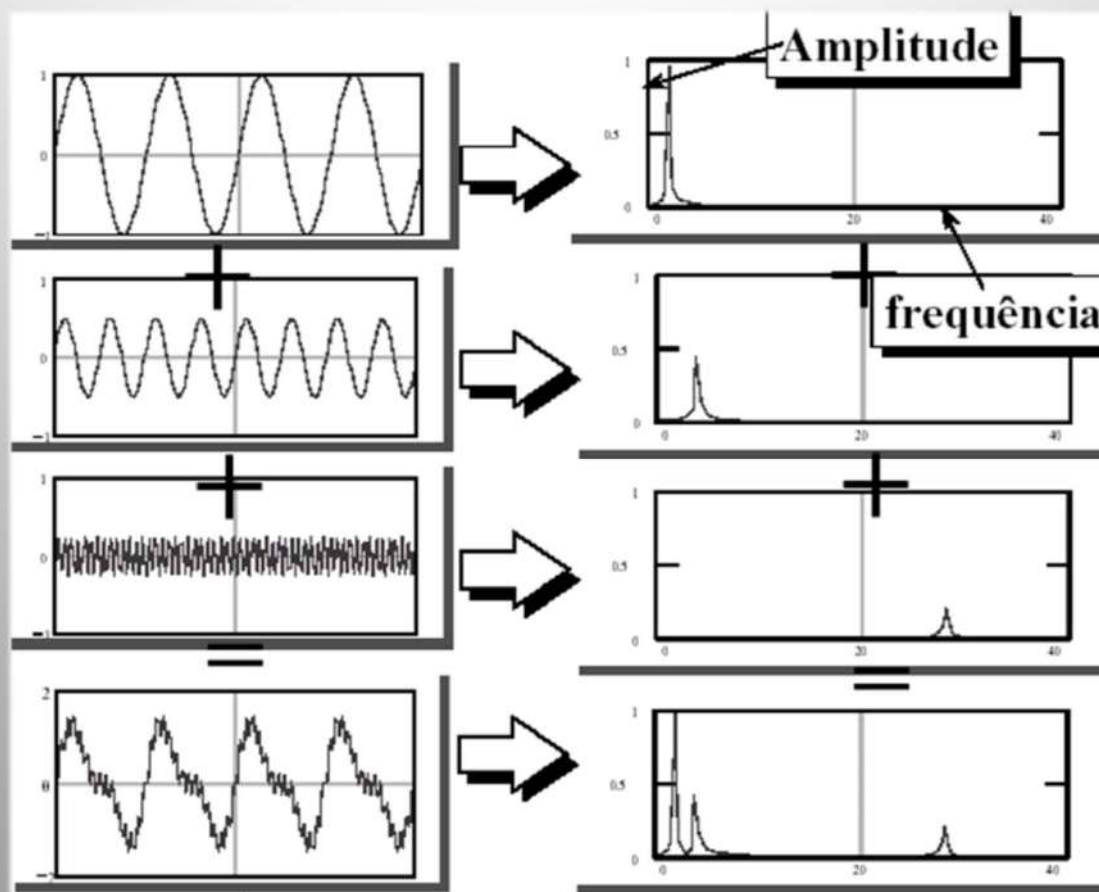
El nivell de vibració és “proporcional” a la salut de la màquina
Com que la màquina és rotativa, la vibració és cíclica

ESTUDI FREQUÈNCIAL DE LA SENYAL ANÀLISIS COMPLEX AMB MULTITUD DE FACTORS



Quina tècnica s'utilitza per analitzar les vibracions? **FFT**

Aquesta tècnica permet transformar una senyal en el domini del temps en una equivalent en el domini de la freqüència, és a dir, una transformada de Fourier



On s'originen aquestes vibracions?

La resposta és a totes les parts existents del motor. L'origen d'una vibració al motor pot ser

- **ORIGEN MECÀNIC**

- Desequilibri estàtic o dinàmic
- Desaliniació
- Folgança
- Rodaments en mal estat
- Ventilador desequilibrat
- Ressonància
- ...

- **ORIGEN ELÈCTRIC-MAGNÈTIC**

- Excentricitat
- Rotor amb barres danyades
- Tensions desequilibrades o harmònics alts
- Saturació magnètica
- Mala combinació de ranures estàtor – ròtor
- Ressonància
- ...



I quines tècniques són les més habituals per diagnosticar falles?

1. Tècnica de signatura de corrent elèctric MCS
2. Tècnica d'anàlisi de vibracions
3. Tècnica de termografia
4. Monitorització on-line



PDMA Tester



VibXpert II



Fluke Thermocamera



KFEW remote control

Què puc fer amb PDMA que no pugui fer amb un tester normal?

PDMA es basa en l'evaluació de les **6 zones de falla** d'un motor elèctric

- | | |
|----------------------------------|--|
| • Falles estatòriques | Aïllament al bobinat estatòric, laminació |
| • Falles rotòriques | Estat de les barres, anells, laminació |
| • Falles d'aïllament | Aïllament, contaminació, humitat, temperatura |
| • Falles d'entreferro | Excentricitat estàtica / dinàmica |
| • Falles de qualitat de potència | Connexionat borns, fusibles |
| • Falles al circuit de potència | Distorsió harmònica, desequilibri, factor potència |

Algunes de les proves que es fan sobre els motors AC son

- **AC Standard:** mesura de resistències, impedàncies i aïllament
- **PI i DA:** índex de polarització i absorció dielèctrica evalua l'estat de l'aïllament
- **Step Voltage:** evalua la fragilitat d'aquest aïllant elèctric
- **RIC:** evolució de la inductància en funció de l'angle rotòric

- **Power:** lectura instantània de potència
- **Emax AUTO:** lectura completa en 40s de tots els paràmetres dinàmics

Què puc fer amb un espectre que no pugui fer amb un valor RMS?

El valor RMS és un valor global de vibració

L'espectre dona molta més informació per diagnosticar l'estat d'un motor

- Espectre de velocitat. Vàlid per un rang ampli de freqüències
- Espectre d'acceleració. Vàlid per altes freqüències
- Espectre de desplaçament. Vàlid per baixes freqüències
- Forma d'ona
- Envolvent d'acceleració
- ...

I quan s'utilitza cada tècnica? **DEPÈN**

- Falles als rodaments , per controlar la firma de las freqüències característiques de falla dels rodaments
- Falles de desequilibri, desaliniació
- Falles al reductor
- Falles de ressonància
- Falles de rodes a baixa velocitat
- ...

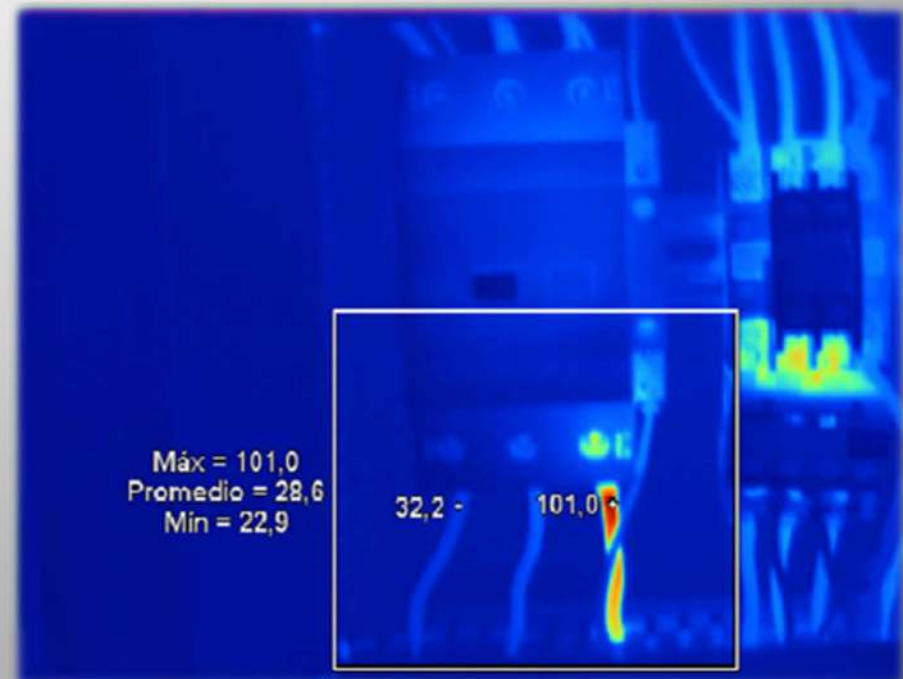
Què puc fer amb una càmera termogràfica?

Es pot captar la **radiació infraroja** de l'espectre electromagnètic i convertir la informació en un **mapeig tèrmic**

Informació càmera convencional



Informació càmera termogràfica



Què puc fer amb una càmera termogràfica?

Amb la termografia, precisament una de les funcions principals és evitar tenir que emprar la frase tradicional de:

"con el humo se sabe donde esta el fuego".

De això es tracta d'evitar tenir que arribar a això en molts casos, quan arribi a això, ja no es troba a temps.

Amb la termografía, puc detectar i avançar-me a corregir fallas en per ejemplo com ara:

Detecció de punts calents en connexions de potencia.

Detecció de falles en contactes en contactors i elements de commutació.

Detecció de falles de refrigeració en semiconductors de potencia drivers

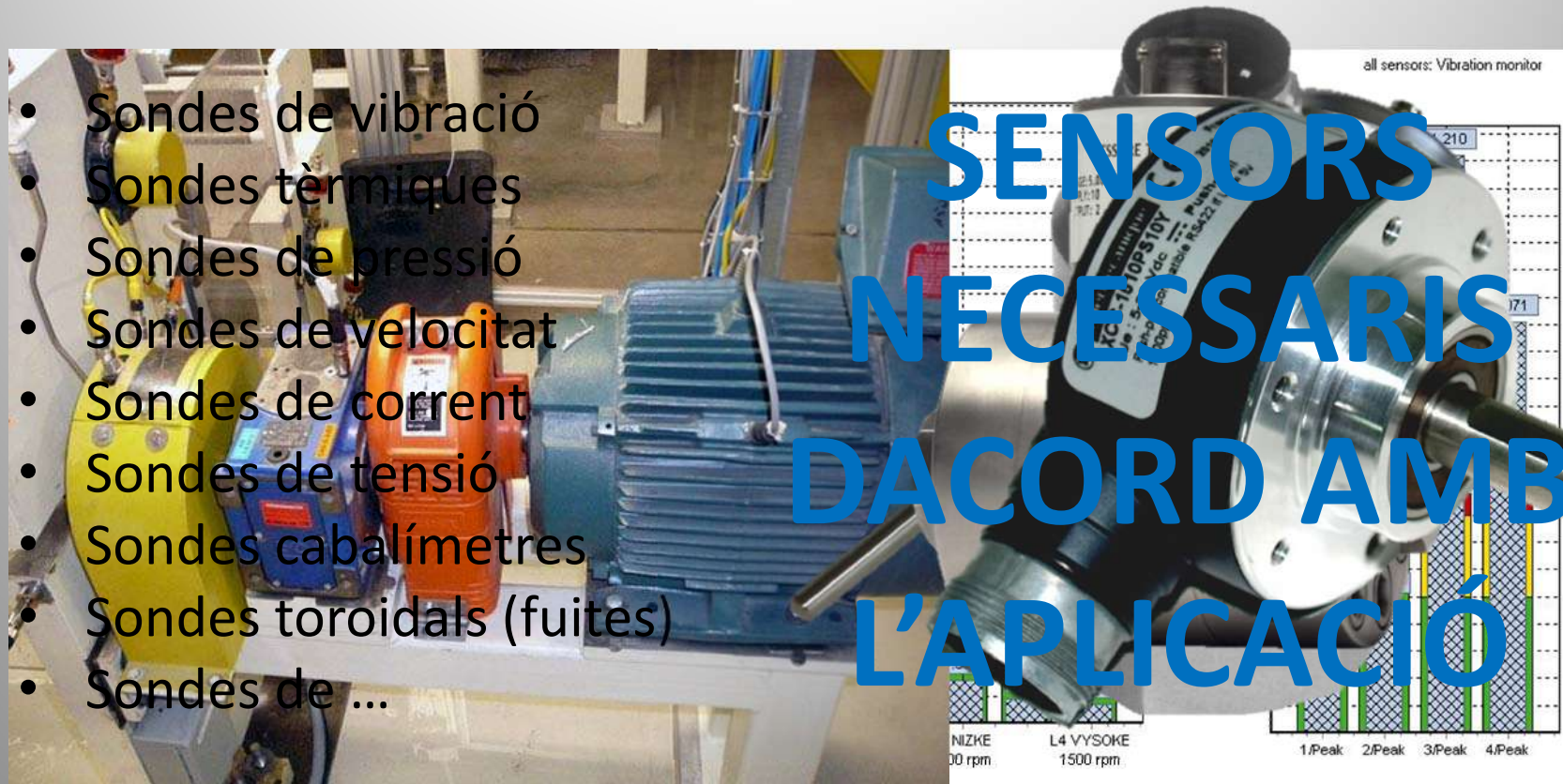
Detecció de falles de refrigeració en motors elèctrics

Detecció en transmissions mecàniques de potencia, engranatges correas, cadenas etc.

Per què serveix la monitorització On-Line?

Verificació de l'estat de diferents paràmetres i fer saltar alarmes en cas de valors per sobre dels límits establerts

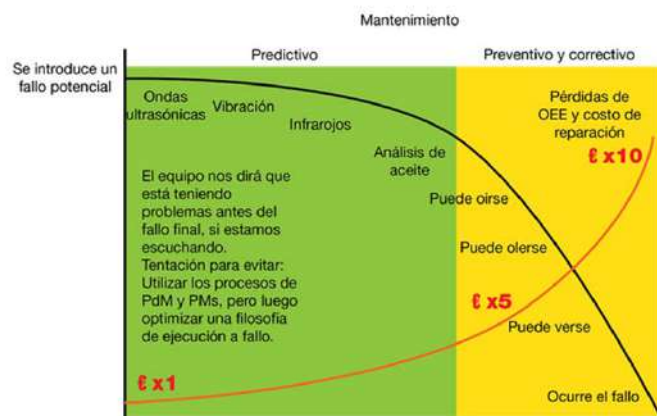
- Sondes de vibració
- Sondes tèrmiques
- Sondes de pressió
- Sondes de velocitat
- Sondes de corrent
- Sondes de tensió
- Sondes cabalímetres
- Sondes toroidals (fuites)
- Sondes de ...





**Medició, anàlisi fiable
de l'estat dels
accionaments i
predicció anticipada
de falles**

Asset Health and the PF Curve



<<El tiempo entre el inicio hasta que ocurre el fallo >> pueden ser semana, días, horas, o minutos.

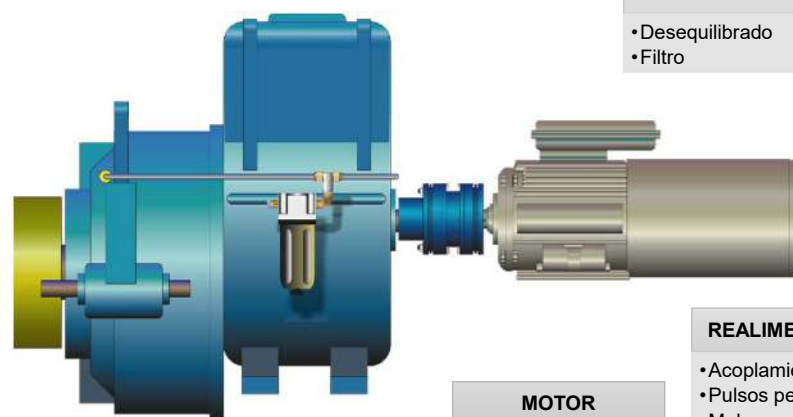
¿QUÈ PODEM PREVENIR?

REGULADOR V.

- Sobrecalentado
- Sobre Voltaje
- Fallo de fase
- Lectura de codificador
- Bajo fluido de aire de refrigeración

VENTILADOR

- Desequilibrado
- Filtro



CARGA

- Sobrecarga
- Desequilibrado

REALIMENTACION

- Acoplamiento
- Pulsos perdidos
- Mala conexión

MOTOR

- Desgaste rodamientos
- Bobina de estator
- Fallos de rotor
- Imanes del rotor
- Aislamiento
- Temperatura
- Lubricación de rodamientos
- Fuga de aceite

ACOPLAMIENTO

- Retroceso
- Desalineación

REDUCTOR

- Desgaste de engranes
- Desgaste de cojinetes
- Lubricante
- Juego de engranes
- Desalineación
- Temperatura

