



Your partner in reliability

José Pedro Rayo Peinado  
 Director Área de Fiabilidad  
 Preditec/IRM

## RETORNO DE LA INVERSIÓN EN LA IMPLANTACIÓN DE LA TÉCNICA DE PREDICTIVO

MCA (MOTOR CIRCUIT ANALYSIS)

### Introducción

El Mantenimiento Preventivo Basado en Condición (Predictivo o PdM) ha demostrado ser de utilización imprescindible dentro de la metodología RCM (Mantenimiento centrado en fiabilidad).

Las "mejores prácticas" en Mantenimiento Predictivo exigen la utilización de todas las técnicas disponibles a fin de detectar cualquier posible modo de fallo de los equipos y sistemas a mantener, consiguiendo así los muchos beneficios que se derivan de una correcta gestión del PdM.

Como sabemos, las técnicas más utilizadas son: Vibración, Termografía, Captación de Ultrasonidos, Análisis de Aceites, Análisis del circuito de motores (MCA) e Inspección sensorial.

Las últimas encuestas llevadas a cabo por Preditec-IRM sobre una muestra significativa de empresas de nuestro tejido industrial muestran que existe una alta dependencia de la medida y análisis de vibración siendo significativamente menor el grado de utilización de las otras técnicas mencionadas.

Una de las razones con que muchos justifican la no utilización de otras técnicas es porque ***“la empresa no me autoriza a invertir en equipamiento para el departamento de predictivo”***.

El fallo puede estar en que, no hemos sabido medir los resultados de nuestro trabajo. No hemos establecido desde el principio una métrica que nos permita presentar a la dirección de nuestra empresa la evolución de nuestro trabajo hacia el logro de unos objetivos (y beneficios) previamente establecidos y, por otro lado, fáciles de conseguir si se aplican las ***“buenas prácticas”*** de mantenimiento.



Otro impedimento para lograr la autorización de inversión en los medios necesarios puede estar en que no hayamos sabido demostrar el retorno de la inversión que estamos solicitando a la dirección.

En el siguiente ejemplo analizamos el caso de una planta papelera y como se puede calcular el “payback” de la inversión requerida para adoptar los medios que nos permiten aplicar una técnica que ha demostrado una alta eficacia en la gestión del parque de motores de una planta industrial.

Se trata como decíamos más arriba de una planta papelera que opera con las características que se muestran en la tabla 1 siguiente.

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DE LA PLANTA	VALORES
Producción promedio	45 Tm/hora
Tiempo de operación	8000 hrs/año
Número de empleados	120
Coste unidad de producción	87€/Tm
Coste promedio de mano de obra	22€/hora
Número de motores	485
Promedio de motores reparados por mes	3 motores/mes
Porcentaje de motores rebobinados	70%

Tabla 1: Características operativas de la planta

A partir de los datos de la tabla 1, podemos calcular los costes y/o los ahorros conseguidos por los diferentes conceptos involucrados en el proceso

- **COSTE DE LA INDISPONIBILIDAD**

El coste del tiempo no productivo (interrupciones no planificadas) lo podemos calcular de la siguiente forma:

**CTNP**=Pérdidas de producción x N° de fallos de motores/año x TNP promedio

**Pérdida de producción**=(Tm/hr x coste unid. producción)+(Coste de mano de obra x n° empleados)

**Pérdida de producción**=(45 Tm/hr x 87€/Tm) + (22€/hr x 120) = 6.555 €/hora

**CTNP**=6.555 €/hr x 36 fallos/año x 4 hrs/fallo = **943.920 €/año**

TAMAÑO DEL MOTOR (Kw)	NUMERO DE MOTORES	COSTE DE REBOBINADO (€)	COSTE DE REACONDICIONAMIENTO (€)
<15	347 reemplazados (no reparados)		
15	15	660	220
19	10	760	255
22	2	880	295
30	3	1020	340
37	27	1295	430
56	18	1500	500
75	21	1610	540
93	32	1820	610
300	6	3400	1200
560	4	7735	2600

Tabla 2 : Inventario de motores de la planta.

### • COSTES DE REPARACIÓN DE MOTORES

Del inventario de motores que se especifica en la tabla 2 podemos extraer el coste promedio de reparación sabiendo que:

$$CR_{Reb} = [(N_{n1} \times CR_{Reb. 15}) + \dots + (N_{nn} \times CR_{Reb. 560})] / NT$$

$$CR_{Reb} = [(15 \times 660 \text{€}_{Reb. 15}) + \dots + (4 \times 7.735 \text{€}_{Reb. 560})] / 138 = 1650 \text{€} / \text{motor}$$

$$CR_{Reac} = [(15 \times 220 \text{€}_{Reac. 15}) + \dots + (4 \times 1.200 \text{€}_{Reac. 560})] / 138 = 555 \text{€} / \text{motor}$$

$$CR = [(70\% \times CR_{Reb.}) + (30\% \times CR_{Reac.})]$$

$$CR = [(70\% \times 1.650 \text{€} / \text{motor}) + (30\% \times 555 \text{€} / \text{motor})] = 1.322 \text{€} / \text{motor}$$

### • REDUCCIÓN DE COSTES POR APLICACIÓN DE LA TÉCNICA MCA

Después de la aplicación del PdM y concretamente de la técnica MCA al parque de motores de la planta, hemos alcanzado las siguientes condiciones de reparación:

$$CR = [(10\% \times CR_{Reb.}) + (20\% \times CR_{Reac.})] \text{ esto es:}$$

$$CR = [(10\% \times 1.650 \text{€} / \text{motor}) + (20\% \times 555 \text{€} / \text{motor})] = 276 \text{€} / \text{motor}$$

Siendo la **reducción de costes promedio de rebobinado:**

$$RCR = [(1.322 \text{€} / \text{motor}) - (276 \text{€} / \text{motor})] \times 36 \text{ motores} = 37.656 \text{€}$$

- **REDUCCIÓN DE COSTES DERIVADOS DE LA INDISPONIBILIDAD**

De esta manera vemos como por aplicación de la técnica MCA, reduciremos también de una forma importante los costes debidos al tiempo no productivo (indisponibilidad) pues al haber conseguido reducir un 30% el número de fallos habremos conseguido reducir a un 30% el número de horas improductivas y su coste asociado.

Aplicando la fórmula que veíamos al principio calcularemos el nuevo CTNP:

$$\text{CTNP} = 6.555 \text{ €/hr} \times 36 \text{ fallos/año} \times 0.3 \times 4 \text{ hrs/fallo} = 283.176\text{€}$$

Así vemos que dicho coste ha quedado reducido a:

$$\text{Reducción CTNP} = 943.920 - 283.176 = \mathbf{660.744\text{€}}$$

- **REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA**

Otro aspecto importantísimo a considerar es la **reducción de consumo energético** que conlleva un ahorro de costes de energía que calcularemos como sigue:

Ahorro de energía= (Potencia instalada x Factor de carga x Hrs. De operación x %de ahorro x Coste energético)

$$\text{Ahorro de energía} = (11.137 \text{ Kw} \times 75\% \times 8.000 \text{ hrs.} \times 2\% \times 0,06\text{€/Kwh}) = \mathbf{80.192 \text{ €/año}}$$

- **COSTE AÑADIDO EN MANO DE OBRA PARA LA INSPECCIÓN**

Lógicamente debemos tener en cuenta que inspeccionar los motores con la tecnología MCA requiere tiempo y recursos. El coste en mano de obra necesaria para la inspección lo calculamos a continuación:

$$\text{Coste HH inspección} = [(1 \text{ hora} / \text{mes} / \text{motor}) \times (\text{n}^\circ \text{ de motores}) \times (12 \text{ meses año}) \times (\text{Coste HH})]$$

$$\text{Coste HH inspección} = (1 \text{hh} \times \text{motor/mes}) \times (138 \text{ motores}) \times (12 \text{ meses año}) \times (23 \text{ €/HH}) = \mathbf{38.088 \text{ €/año}}$$

- **INVERSIÓN REQUERIDA EN INSTRUMENTACIÓN**

Para poder desarrollar la técnica MCA, es evidente que necesitamos invertir en recursos técnicos adecuados.

Estimamos que la inversión necesaria en instrumentación (hardware y software) para poner en marcha la técnica MCA dentro de nuestro plan de predictivo es de **60.000 €**.

- **RESUMEN Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

Todos los datos obtenidos, los podemos resumir en la tabla siguiente:

AHORROS EN MANTENIMIENTO	COSTES DE IMPLEMENTACIÓN
660.744€ Reducción de CTNP	38.088€ - Coste de inspección
37.656€ Reducción costes de rebobinado	60.000€ - Coste de instrumentación
80.192€ Reducción de costes de energía	
778.592€ Ahorros totales	98.088€ - Coste total
<b>Payback = 98.088/778.592 = 0,12 años = 1 mes</b>	

Tabla 3: Resumen de costo/beneficio y "payback"

Este estudio elemental, que podríamos llevar a cabo con los datos de nuestra planta en particular, nos permite analizar cómo una inversión en recursos técnicos y humanos de 98.088 € nos puede conducir a un ahorro en costes de operación de 778.592€ y por tanto obtener un "payback" de tan sólo un mes.

Los financieros de nuestra compañía no entienden de voltios, amperios, impedancias,... pero si entenderán perfectamente el incremento del beneficio en la cuenta de resultados de la compañía que pueden obtener a partir de una mínima inversión. Y todos estamos dispuestos a invertir en aquello que nos vaya a dar una alta rentabilidad.

Si como responsables del departamento de Mantenimiento de nuestra empresa, nos limitamos a solicitar la adquisición de determinados elementos necesarios para la mejora de nuestro trabajo, pero no sabemos justificar la inversión ni hacer un análisis coste/beneficio, estaremos contribuyendo a que desde muchas otras áreas de la empresa se siga viendo el Mantenimiento como un centro de costes y no como realmente se debe ver hoy: como un centro de Beneficio para la compañía.



## Experiencia

Madrid – 4 de Enero de 2012

José P. Rayo Peinado

**[jprayo@irm.es](mailto:jprayo@irm.es)**

Preditec/IRM

Ingeniero Consultor en Predictivo y Fiabilidad, fundador de IRM, S.A. es hoy Director de Proyectos de Fiabilidad de Preditec/IRM. Su experiencia en Mantenimiento con un enfoque hacia el mantenimiento predictivo es ya de 33 años. Ha participado como responsable en el diseño e implantación de mantenimiento predictivo y seguimiento de resultados en numerosas empresas del sector Eléctrico, Alimentario, Petroquímico, Papelero, Cementero, etc. tanto en España como en el extranjero. En la faceta docente ha formado a varios cientos de técnicos en la metodología del mantenimiento predictivo así como en sus técnicas asociadas. Participe activo como ponente en diferentes congresos y seminarios nacionales e internacionales.