



Your partner in reliability

José Pedro Rayo Peinado  
 Director Área de Fiabilidad  
 Preditec/IRM

## Mantenimiento orientado a la fiabilidad de activos productivos

### Introducción

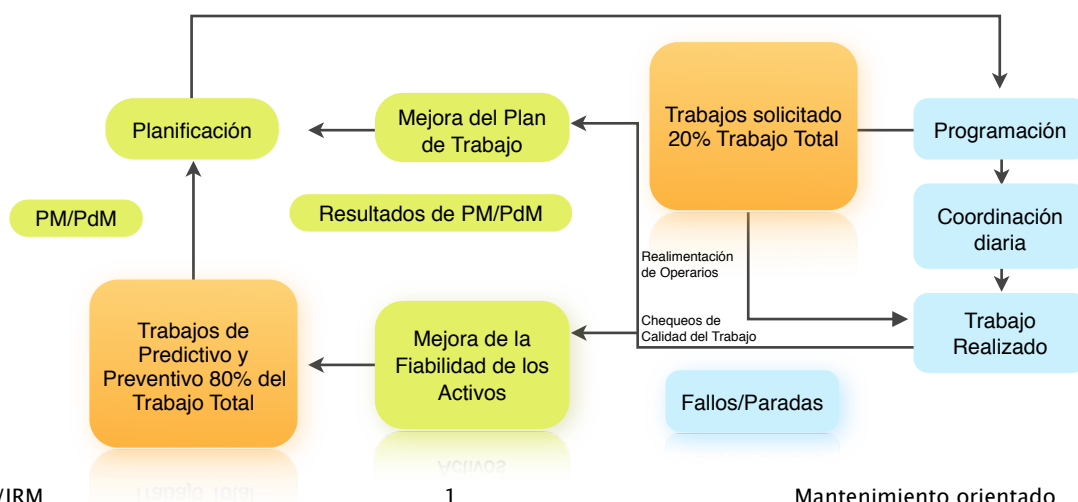
La implantación de RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) ha demostrado ser la estrategia más rentable y eficaz en el Mantenimiento de Activos Industriales. Llevar a cabo la implantación de esta metodología de última generación conlleva, para lograr el éxito, entender en primer lugar, las diferencias entre Mantenimiento y Fiabilidad así como un cambio de mentalidad en todos los niveles de planta. Para conseguir este cambio es altamente recomendable el apoyo de especialistas externos a la hora de poner en marcha este tipo de estrategia.

### El mantenimiento orientado a la fiabilidad

Los modelos de Mantenimiento más avanzados de hoy, se fundamentan en dos aspectos importantes:

- Cambio de mentalidad de la planta desde una mentalidad REACTIVA a otra PROACTIVA.
- El 80% del mantenimiento debe ser PROGRAMADO (PM ó PdM) mientras que sólo un 20% debe ser mantenimiento solicitado

Dentro del 80% de mantenimiento PROGRAMADO (PM ó PdM) y siguiendo el paradigma “todo lo que se pueda predecir, se predice”, se enfatiza la utilización del PdM (mantenimiento predictivo o preventivo basado en condición) sustituyendo por éste, allí donde se pueda, gamas de Preventivo basado en calendario.

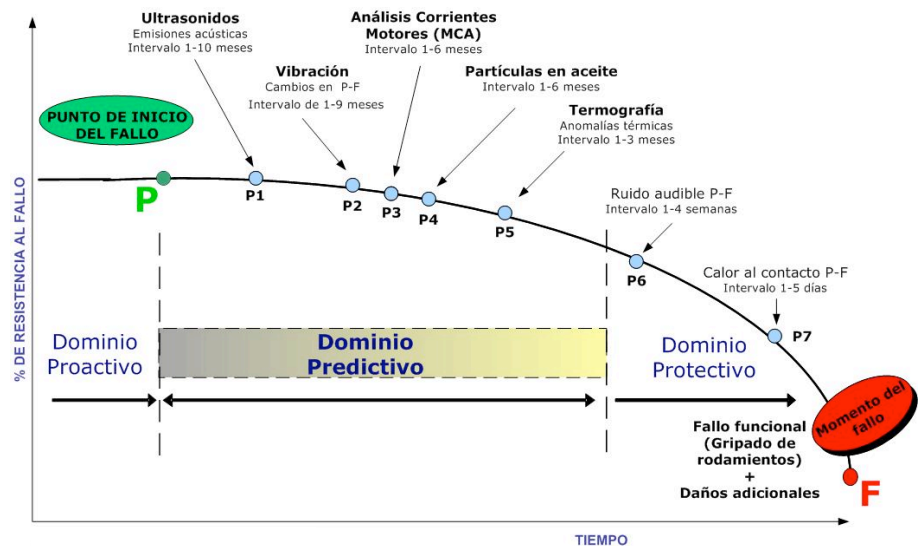
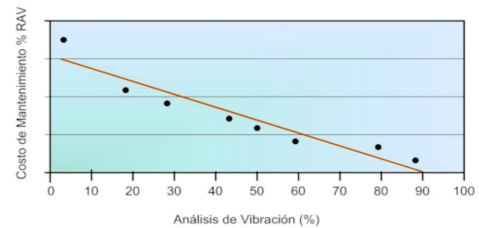
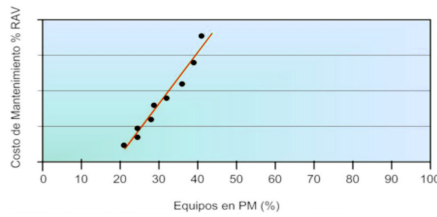


Siguiendo con la afirmación anterior, vemos en el flujograma de decisión de la izquierda, como se debe implementar el procedimiento de predictivo en todos aquellos casos en que se pueda detectar con la suficiente antelación, la aparición de cualquier modo de fallo de un equipo.

Cuanto mayor sea la proporción de Mantenimiento Predictivo

Cuanto más PM llevemos a cabo, mayores serán nuestros costos de mantenimiento.

Cuanto mayor sea el porcentaje de cobertura con tácticas de PdM, menores serán nuestros costes de mantenimiento.



Para detectar con seguridad todos los posibles modos de fallo de una activo y anticiparnos al fallo total, deberemos utilizar una ó más de todas las técnicas necesarias de entre las hoy disponibles.

El objetivo será detectar la aparición de un fallo potencial (Punto P) con tiempo suficiente para evitar un fallo total (Punto F) y en consecuencia, perder una ó más de las funciones de la máquina controlada.

Las técnicas hoy en día disponibles para la detección de los diferentes modos de fallo son:

- Medida y análisis de vibración.
- Termografía Infrarroja
- Análisis de Aceites
- Análisis de Corriente en motores eléctricos (MCA)
- Captación de ultrasonidos.
- Inspección sensorial

Según estudios de Benchmarking cuanto mayores son los % de cobertura dados a los activos críticos de la planta con las diferentes técnicas, menor es el costo de mantenimiento expresado con un indicador como por ejemplo: COSTO DE MTO./ RAV (valor de reposición del activo)

**De lo expresado hasta aquí fácilmente se deduce que un porcentaje muy importante para el logro de los beneficios obtenidos de la utilización de RCM es la correcta implantación y posterior seguimiento de resultados de Mantenimiento Predictivo.**

Sin embargo nuestra experiencia nos indica que un elevado número de plantas que en su día iniciaron un programa de mantenimiento predictivo, lo han abandonado por no haber conseguido los resultados esperados y/o no haber podido demostrar a los financieros de la planta los beneficios obtenidos en términos económicos o de ROI.

Cuando se profundiza en estos casos se llega a las siguientes conclusiones en lo referente a fallos cometidos en la implantación o en el seguimiento de los resultados:

No se estableció desde el primer momento una métrica para seguir la progresión de resultados (implantación de KPI's). **¡LO QUE NO SE MIDE, NO SE PUEDE GESTIONAR!**

Se utiliza sólo una técnica (en la mayor parte de los casos la vibración) de entre todas las existentes lo cual conduce a que muchos de los modos de fallo (que no sean detectables con vibración) no sean detectados a tiempo y conduzcan inevitablemente a un fallo funcional.

Se mide el estado de salud en demasiados equipos y/o en demasiados puntos al no haber llevado a cabo un adecuado estudio de criticidad de los activos de planta.

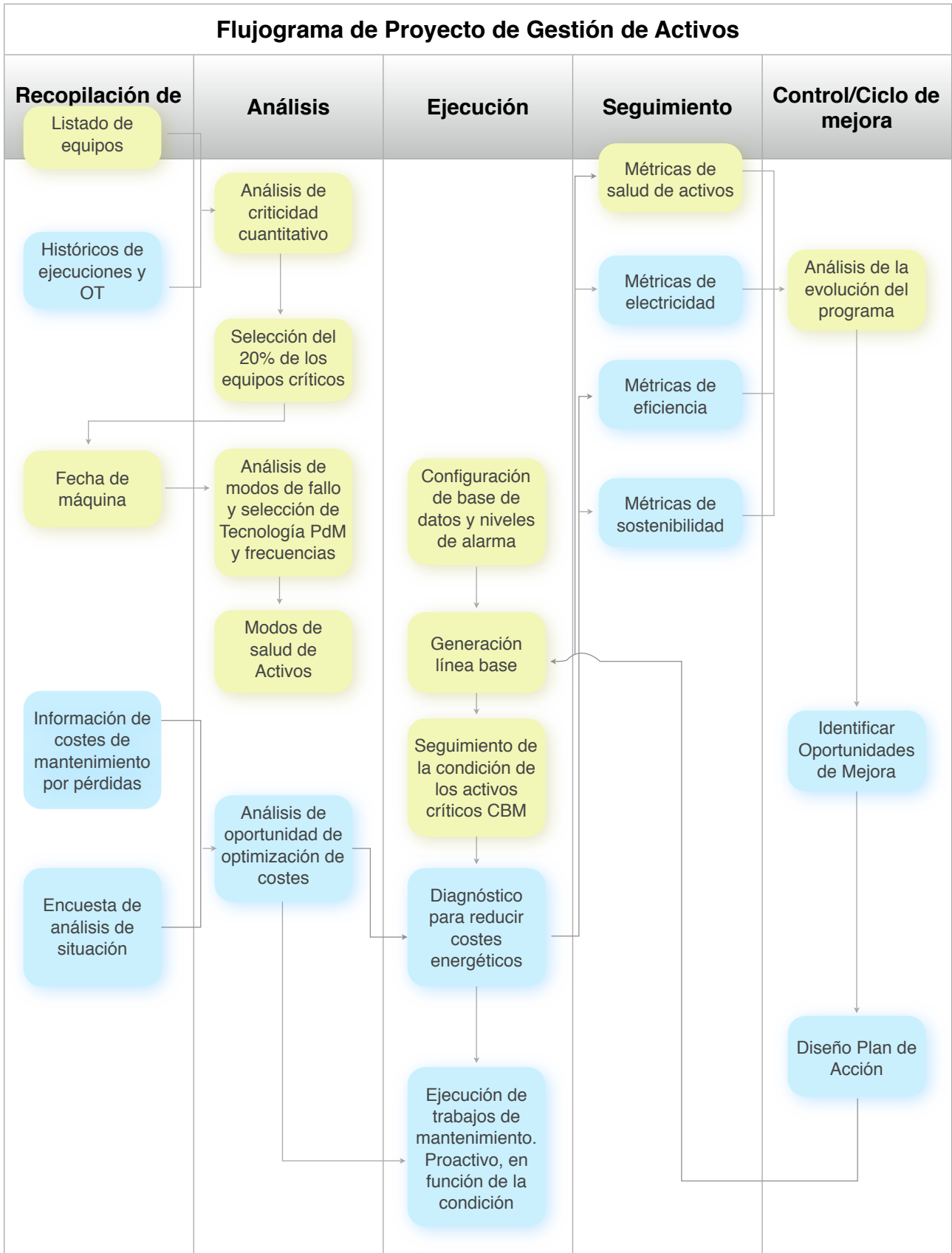
La frecuencia de mediciones no se ha establecido según velocidad de progresión hacia el fallo.

No existe una disciplina de seguimiento de tareas.

No se han **sustituido** gamas de PM por gamas de PdM sino que ahora se hacen ambas tareas incrementando así los costos sin añadir ningún valor

En resumen: No se han seguido ni respetado (muchas veces por desconocimiento, otras por falta de recursos) los protocolos de implantación que responden a las mejores prácticas.

## Pasos a seguir para una correcta implantación



Los hitos que afectan al proceso Mantenimiento – Fiabilidad y que por tanto habrá que desarrollar en el proceso de implantación son los que en el flujograma anterior se resaltan en amarillo y que se detallan a continuación.

## 1. LISTADO DE EQUIPOS

La clave del éxito de un programa de PdM orientado a la fiabilidad es una simple lista: Una lista precisa y detallada de todos los activos de planta.

Dicha lista es ESENCIAL para todas las tareas a seguir en la implantación del sistema y debe comprender el necesario grado de detalle que nos posibilite el trabajo posterior.

## 2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Este se llevará a cabo en base a determinados criterios acordados por la planta y que tendrán un diferente grado de ponderación en función del “peso” que cada uno tenga en el proceso de la planta de que se trate.

## 3. SELECCIÓN DE EQUIPOS EN BASE A LA CRITICIDAD

Se incluirán en PdM sólo aquellos activos que superen un determinado valor en el “ranking” de criticidad. Aquellos que no superen dicho umbral deberán ser incluidos en otra estrategia: PM ó RTF pues significa que el PdM no va a añadir ningún valor.

## 4. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO (FMEA – FMECA). SELECCIÓN TÉCNICAS Y/O ESTRATEGIA A UTILIZAR

El estudio de los modos de fallo que se pueden dar en un determinado activo o proceso nos va a permitir cual es la técnica o técnicas adecuadas para su detección temprana.

En aquellos equipos en los que se ha decidido aplicar sólo PM, habrá que tener en cuenta los modos de fallo a la hora de determinar las gamas de mantenimiento a definir.

La velocidad de progresión hacia el fallo para cada uno de los modos de fallo nos permitirá determinar la frecuencia de las intervenciones y/o mediciones de monitorizado de condición.

## 5. CONSTRUCCIÓN DE LA “MATRIZ DE SALUD DE ACTIVOS”

Con la selección de técnicas a aplicar a cada equipo (definidas en el punto 4) y los equipos a monitorizar, crearemos una matriz que llamamos “matriz de salud de activos” en la que, de un solo golpe de vista veremos las técnicas a aplicar a cada uno de los equipos seleccionados según nuestra matriz de criticidad.

CRITICIDAD	TOTAL ACTIVOS	DESCRIPCION DEL ACTIVO	GMAO #	TIPO DE ACTIVO	MECÁNICA				ELECTRICA				ESTACIONARIA			
					Vibración	Ultrasonidos	Termografía	Análisis Aceites	MCA Online	MCA Offline	Termografía	Ultrasonidos	Inspección Sensorial	Espesores Ultrasonidos	Líquidos Penetrantes	Corrientes Inducidas
	561				273	276	300	263	269	269	406	137	203	199	50	0
1650		MOTOR BOMBA ALIM. 01	MBAA03M01	MOTOR	X	X	X		X	X	X	X	X			
1650		BOMBA ALIM.01	MBAA03B01	BOMBA	X	X	X						X			
1500		CONTACT SOBRECARGA CCM 354	FLC03005A	CONTACTOR						X	X					
1500		CONTACT SOBRECARGA CCM 355	FLC03005B	CONTACTOR						X	X					
1400		COMP. ALTERNAT. 2ª ETAPA	SP03014B2	TANQUE		X	X						X	X		
1300		COMP. ALTERNAT. 3ª ETAPA	SP03014B3	TANQUE		X	X						X	X		
1200		COMP. ALTERNAT. 4ª ETAPA	SP03014B4	TANQUE		X	X						X	X		
1000		TURBOALTERNADOR GAS	GTA0301B2	GENERADOR	X	X	X	X	X	X	X		X			

Está demostrado que cuanto mayor sea el porcentaje de cobertura con las diferentes técnicas en los activos críticos de la planta menor será el costo de mantenimiento.

## 6. CREACIÓN DE BASES DE DATOS CON PARÁMETROS A CONTROLAR CON CADA UNA DE LAS TÉCNICAS

De cada una de las técnicas seleccionadas para el monitoreo de condición de los activos críticos, habrá que construir la correspondiente base de datos en la plataforma software seleccionada.

Esta base de datos dispondrá de una lista jerárquica de varios niveles: Planta, área, máquina, punto de medida, etc. con las variables a medir en cada uno de los puntos, los niveles de alarma que nos ayuden a detectar el punto "P" de la curva P-F lo más prematuramente posible y la periodicidad con que se deben realizar las medidas.

Esta será asimismo la base de datos en la que se almacena la historia de las máquinas y que estará asociada al GMAO.

Los históricos de intervención en cada activo serán necesarios para determinar la fiabilidad y medir el progreso o sostenibilidad de la misma con los correspondientes KPI's.

## 7. GENERACIÓN LÍNEA BASE

Una vez determinadas las técnicas a utilizar en cada activo, los parámetros a medir y los correspondientes niveles de alarma indicadores del estado de salud no cabe duda de que debemos hacer las primeras mediciones que determinen en qué estado se encuentra cada activo. Si todo está correcto (por debajo de los niveles de alarma establecidos) estableceremos esto como la línea base o firma de la máquina con la cual compararemos en sucesivas mediciones para ver la progresión de estado.

Si se encuentran por el contrario valores que están por encima de los establecidos como alarmas, habrá que eliminar la causa para devolver la máquina a su estado correcto antes de seguir con la siguiente etapa enunciada en el apartado siguiente.

## 8. SEGUIMIENTO DE CONDICIÓN, CBM

No tendría ningún sentido seguir el estado de salud de un activo partiendo de una situación anómala. Como se comenta en el apartado anterior será necesario introducir las correcciones necesarias para que la línea base indique que en el equipo en cuestión está todo correcto y su estado de salud es bueno.

A partir de esta situación y con la periodicidad establecida, se llevarán a cabo mediciones que nos permitan trazar el histórico de evolución de la condición del activo y detectar la presencia del punto “P” lo antes posible para evitar el fallo funcional y sus consecuencias.

	Más difícil de implantar	Más cómodo	Más económico	Más fiable
Tipos	Tipo I Sin servicio externo	Tipo II Servicio Concertado Integral	Tipo III Servicio Concertado Mixto	Tipo IV Servicio Telemonitoring
Recolección de datos	La planta	Subcontratado	La planta	Online
Análisis y diagnóstico	La planta	Subcontratado	Subcontratado	Subcontratado
Flexibilidad	Máxima	Mínima	Moderada	Moderada
Capacidad	Moderada	Máxima	Moderada	Máxima

En el cuadro anterior vemos las diferentes formas de acometer el trabajo de seguimiento de los datos.

En todo este complejo proceso de implantación de Predictivo dentro de una filosofía RCM es decisiva la intervención de un consultor externo con experiencia que ayudará a acelerar el proceso de implantación. En muchos casos hemos visto a lo largo de los años cómo muchos programas de PdM se han abandonado pues ya desde la implantación tenían errores de base que posteriormente han conducido a la imposibilidad de demostrar los beneficios obtenidos de la correcta aplicación.

## 9. ESTABLECIMIENTO DE MÉTRICAS (KPI's) DE SALUD DE ACTIVOS E INDICADORES DE SEGUIMIENTO DE PROCESOS INVOLUCRADOS

El mantenimiento de última generación no se orienta tanto a evitar el fallo de la máquina y el daño que en esta se pueda producir sino a evitar el **fallo de la función que esta tiene encomendada y las consecuencias** que de este fallo se derivan.

La incidencia de la indisponibilidad en los costos de intervención, es mucho mayor que la de reparación del daño que se pueda producir en la máquina por un fallo imprevisto.

Los tiempos de reparación MTTR para restituir la función de la máquina. Los tiempos entre fallos MTBF y otros muchos pueden y deben establecerse como indicadores de evolución del proceso y sirven para medir, en la cuenta de resultados de la compañía, el beneficio obtenido de la correcta aplicación del programa.

Si esta métrica se establece correctamente, no volveremos a oír algo tan repetido como **“no me autorizan a invertir en mejoras en mis equipos de monitorizado de condición.....”**. Pues podemos estar seguros de que el retorno de la inversión es verdaderamente corto en el tiempo cuando se hacen las cosas correctas (eficacia) y éstas se hacen correctamente (eficiencia).

## 10. FORMACIÓN

Capítulo básico en todas las actividades y procesos de la planta y por tanto esencial en uno de los procesos más importantes y multidisciplinarios como es el mantenimiento.

## CONCLUSIONES

---

Alcanzar la excelencia en Mantenimiento Predictivo no es una tarea fácil.

Los resultados no se verán al día siguiente de implementarlo.

El logro de los beneficios analizados sólo se conseguirá aplicando las prácticas correctas de Mantenimiento Predictivo.

Nunca lograremos dichos beneficios si nos limitamos a utilizar una sola técnica y de una forma más o menos anárquica.

Nunca podremos demostrar el beneficio si no establecemos desde el primer momento una métrica adecuada. Lo que no se mide, no se puede gestionar.

En muchos casos será necesario el apoyo de personal externo especializado que nos ayude a acelerar el proceso.

**El Mantenimiento Predictivo es un proceso que lleva hacia la excelencia en Mantenimiento, a la mejora continua de la Fiabilidad de los activos y que, en cualquier caso, merece la pena implementar**





## Experiencia

Madrid – 25 de Septiembre de 2011  
José P. Rayo Peinado  
**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. Partícipe activo como ponente en diferentes congresos y seminarios nacionales e internacionales.