



Segismundo MARTIN TEMPRANO es Ingeniero Industrial por la ETSII de Bilbao (1977). En 1977 ingresa en TECNOS, Garantía de Calidad, S. A. (GRUPO CIAT), participando sucesivamente en diferentes etapas de los proyectos C.N. Lemóniz, C.N. Laguna Verde y C.N. Garoña, así como en el resto de Centrales Nucleares españolas a lo largo de su vida profesional. En 1987 asume la Dirección de la División Nuclear de TECNOS.



Antonio ARRANZ SALAZAR es Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha intervenido en diversos proyectos de la industria química, así como en varias etapas de los proyectos nucleares de C.N. Almaraz I y II, C.N. José Cabrera, C.N. Laguna Verde, C.N. Vandellós I y C.N. Santa María Garoña. En la actualidad desarrolla servicios para las distintas CC.NN. desde la División Nuclear de TECNOS, GRUPO CIAT.

EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

S. MARTIN - A. ARRANZ

La evaluación de las técnicas de mantenimiento de instalaciones industriales se ha desplazado del puramente correctivo, hacia una simbiosis de preventivo y correctivo en función de las características de la propia instalación. El mantenimiento predictivo es una herramienta complementaria en el mantenimiento industrial que ha adquirido auge e importancia, con el desarrollo tecnológico de técnicas de predicción y análisis del funcionamiento de los equipos para prevenir indisponibilidades indeseadas. Este artículo pretende establecer directrices básicas de un plan de mantenimiento predictivo, en la base de que los diseños

de cada plan deben hacerse a medida de cada instalación industrial y de la propia idiosincrasia del explotador de la instalación, sin olvidar en ningún caso la seguridad de la instalación y los costes económicos.

DESCRIPCION DEL PLAN

El objetivo del mantenimiento predictivo es obtener en todo momento un conocimiento de la condición operativa de aquellos equipos críticos para la instalación, estableciendo una vigilancia sobre

parámetros indicativos del estado de determinadas partes significativas que proporcionen información que permita la detección del fallo antes de la propia inoperatividad del equipo.

Las fases de desarrollo y actualización de un plan de mantenimiento predictivo quedan definidas en las figura I y II.

El plan debe considerarse como una herramienta complementaria de las prácticas habituales de mantenimiento de los equipos incluidos en el plan, y en ninguna manera ser sustitutivo de la aplicación de procedimientos y gamas de mantenimiento.

La extensión y cobertura del plan será función de la complejidad de la instalación, así como de los requisitos de seguridad y/o fiabilidad que debe cumplir. En líneas generales los elementos que podrían ser objeto de un plan de mantenimiento predictivo podrían ser:

- Equipos incluidos en planes de mantenimiento preventivo.
- Equipos básicos para la seguridad y/o disponibilidad de la instalación.
- Equipos en condiciones especiales de servicio.
- Equipos sujetos a especificaciones técnicas de funcionamiento.
- Otros equipos no incluidos en apartados anteriores.

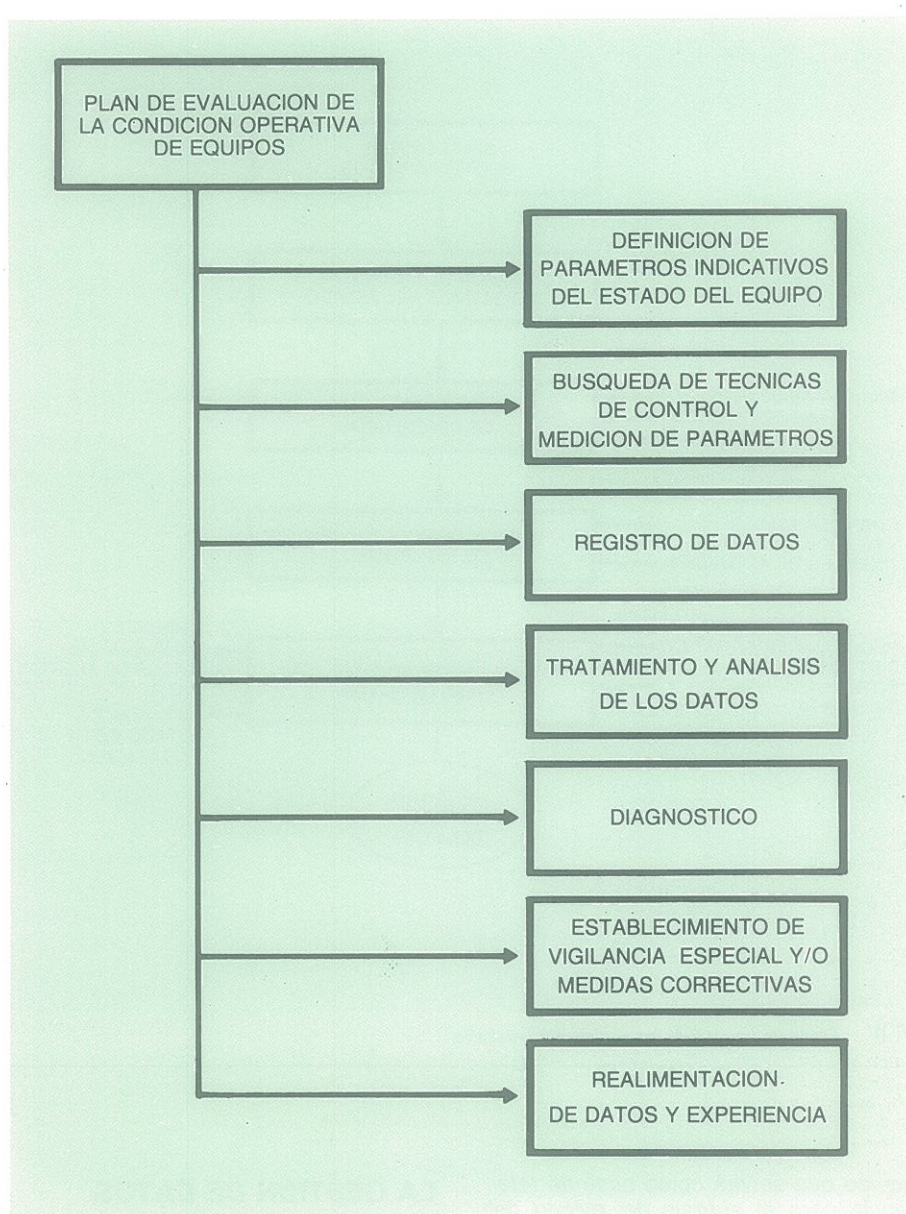
Un plan de mantenimiento predictivo definirá como mínimo:

- Equipos críticos a incluir en plan.
- Selección de parámetros a controlar por cada equipo/familia de equipos.
- Establecimiento de niveles de referencia para cada parámetro.
- Establecimiento de niveles de actuación en función del comportamiento de cada parámetro, modo normal y modo de alerta o vigilancia intensiva.
- Requerimiento de mantenimiento correctivo.

Asimismo el plan definirá los procesos de gestión del propio plan, gestión de datos derivados del programa, gestión de documentación e histórico derivado del mismo, técnicas especiales de vigilancia, etc., mediante procedimientos e instrucciones adecuados. Igualmente debe establecer mecanismos de realimentación de experiencias del propio plan, así como los mecanismos de revisión pertinentes que permitan identificar cualquier tendencia o defectos surgidos de su aplicación.

SELECCION DE EQUIPOS CRITICOS

Los equipos a incluir en el plan se seleccionarán entre aquellos que siendo



FI Fases de un plan de mantenimiento predictivo.

o no relacionados con la seguridad y/o disponibilidad de la instalación serán de alguna manera esenciales para el buen funcionamiento, o bien determinan la operabilidad de otros.

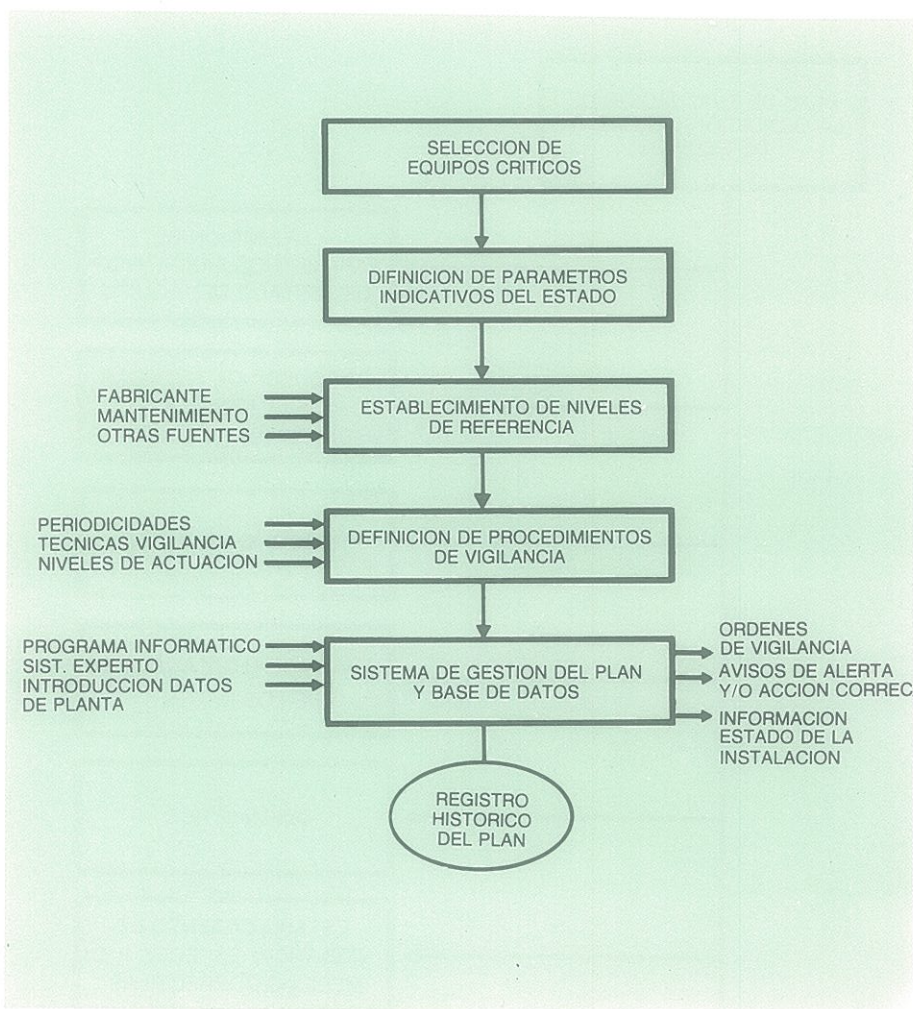
SELECCION DE PARAMETROS DE VIGILANCIA

En primer lugar se determinarán las características principales del equipo a vigilar, seleccionando de entre éstas aquellas que sean medibles y registrables, y que aporten un conocimiento

sobre el estado del equipo a través de su evolución. Evidentemente la selección de parámetros a vigilar está relacionada directamente con el avance de la tecnología. A modo de ejemplo se definen algunos en la figura III.

ESTABLECIMIENTO DE NIVELES DE REFERENCIA

Es fundamental definir y registrar para cada parámetro seleccionado el comportamiento del mismo para un ciclo de operación en condiciones normales del



F II Fases de un plan de mantenimiento predictivo.

equipo que servirá como base de referencia para el análisis del estado del equipo en cualquier otra condición.

La determinación de los valores de referencia en las variables a vigilar no es en ningún modo exacta, debiendo dichos niveles de referencia ser analizados y ajustados, si se requiere, como consecuencia de la revisión anual, a causa de sucesos de operación, actividades de mantenimiento, información de fabricantes histórico de operación y mantenimiento, etcétera.

Un método sistemático para obtener la definición de los niveles de referencia podría ser a través de:

- Maestría de operador.
- Datos de los fabricantes.
- Datos históricos.
- Límites naturales.
- Análisis de fallos del equipo.

Lo cual, evidentemente, implica una fuente de información teórica (condiciones ideales de funcionamiento) y otra actual (condiciones reales de funcionamiento).

LA GESTION DE DATOS

En instalaciones complejas y con un alto número de equipos críticos y varios parámetros a vigilar por equipo, se precisa disponer de métodos rápidos y seguros para el tratamiento de la información, que garanticen un acceso rápido y adecuado para su correcta consulta e interpretación.

El sistema de tratamiento de la información relativa al plan de mantenimiento predictivo debe presentar las siguientes cualidades:

- Falcidad de tratamiento para volúmenes elevados de datos.
- Disposición, abundancia y fiabilidad de los datos de salida y presentación de los mismos como soporte importante para la actividad operativa y de toma de decisiones.
- Elevado nivel de automatismo en la gestión integrada de datos, como por ejemplo:

- Emisión de órdenes de trabajo para el control periódico de los parámetros.
- Notificación de alertas e incremento de vigilancia.
- Requerimiento de acciones correctivas en caso de superar los niveles prefijados de actuación.

Previamente a la puesta en funcionamiento del programa tendrán que cumplirse condiciones que se resumen en:

- Existencia de una estructura organizativa para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.
- Participación y sensibilización de los sumarios en el proceso de tratamiento de la información.
- Planificación detallada del desarrollo e implantación.
- Flujos y contenidos de la información simplificados al máximo.

Fijado el objetivo las fases lógicas serían las siguientes:

- Definición de los datos y del sistema organizativo de recogida, archivo y mecanización.
- Definición de los procedimientos y métodos adecuados para la elaboración de las informaciones recogidas.
- Definición de los documentos de salida que se desean obtener (tablas, relaciones, órdenes de ejecución, etcétera).
- Definición de los criterios de utilización directa de los documentos de salida en el ámbito de los procedimientos organizativos y particulares.

Para el tratamiento de la información relativa a familias de equipos de comportamiento similar, puede pensarse en la introducción de sistemas expertos, como base de futuro, a medida que la base de datos sea más compleja, es siempre que se pueda definir un determinado patrón de comportamiento.

DEFINICION DE NIVELES DE ACTUACION

Los procedimientos de vigilancia que desarrollan el plan de mantenimiento predictivo deben establecer, para cada parámetro o combinación de parámetros en un equipo sometido al plan predictivo, las siguientes condiciones de operación:

- Operación normal. Parámetros dentro de los valores especificados en el nivel de referencia.
- Operación en condición de alerta o vigilancia intensiva. Algún parámetro, o conjunto de parámetros se mantiene entre los niveles definidos como alerta

y acción correctiva. En esta situación de operación se incrementará la vigilancia del equipo para prevenir su indisponibilidad por fallo.

— Operación en condición de acción correctora. Una vez superados los niveles que requieren la ejecución de actividades sobre el equipo, p.e., mantenimiento correctivo, reparación, sustitución, operación del equipo hasta su fallo, etc., en función de la situación o necesidades de la instalación.

El establecimiento de los valores de alerta y acción correctiva para cada parámetro se realizará para cada equipo o familia de equipos utilizando las fuentes de información disponibles en el momento del diseño del plan de predictivo, siendo entre otras:

- Información de carácter general, artículos, estudios técnicos, etc.
- Información de fabricantes de los equipos.
- Información del histórico de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Información sobre los modos de operación en la instalación.
- Información procedente de otras instalaciones, centrales similares.

Asimismo, estos niveles no deben considerarse en ninguna manera estáticos, debiendo realizarse una realimentación y revisión de los mismos en función de las experiencias de aplicación del plan de mantenimiento predictivo.

DOCUMENTACION HISTORICA

La configuración del archivo histórico del plan de mantenimiento predictivo debe diseñarse de forma que permita generar para cada componente sometido a mantenimiento predictivo una información estratificada desde el diseño del plan a cualquier momento de su explotación.

La información fuente de los datos a registros por componente será:

- Características de diseño y fabricación que contribuyan a la operación segura.
- Parámetros de reparaciones, correctivo y análisis de fallos que hubiera sufrido.
- Histórico de reparaciones, correctivo y análisis de fallos que hubiera sufrido.
- Manuales de instrucciones de operación y mantenimiento.
- Periodicidad de vigilancia y variaciones en la periodicidad en función del comportamiento.
- Características de operabilidad para el personal que manipula.

Nº ITEM	DESCRIPCION	PARAMETROS A VIGILAR																	OBSERVACIONES			
		A I S L A M I E N T O	V E L O C I D A D	C O N S U M O S	T E N S I O N	V I B R A C I O N E S	P R E S I O N	T E M P E R A T U R A	C A U D A L	D E N S I D A D	C A P A C I D A D	E X C I T A C I O N	P O T E N C I A	F R E C U E N C I A	T I E M P O S A C T U A C I O N	L U Z E S T A D O	C O M P R E S I B I L I D A D	S E N T I D O D E G I R O			T E M P E R A T U R A	T E N S I O N
		(M ²)	(rpm)	11 12 13	cc	(kV)	(kg)	(°C)	(m ³ /m)	(gr/cm ³)	(%)	(A)	(V)	(kW)	(Mlar)	(sg)	Luce	Succión Descarga	128	Dcha.		
xx xx	Motor eléctrico	x	x	x	x														x	x		
	Generador diésel	x	x			x						x	x	x	x							
	Ventiladores			x	x	x			x													
	Válvulas motorizadas	x		x	x	x										x	x					
	Compresores			x	x	x		x										x	x	x		
	Bombas		x	x	x	x			x													
	Baterías																			x	x	
	Exclera. Los consumos se refieren a los motores de arrastre del equipo conductor																					