

# EL MANTENIMIENTO EN LA CENTRAL NUCLEAR DE VANDELLOS

MANTENIMIENTO

Joaquín RIEROLA PUIGSERINANELL

## INTRODUCCION

El presente artículo puede considerarse como complemento al trabajo ya presentado en esta revista sobre los resultados de la explotación a los diez años de funcionamiento de la Central, si bien haciendo ahora hincapié en los aspectos ligados a los objetivos y resultados de la política de mantenimiento.

Dado que en un alto grado, la disponibilidad y productividad de la Central, a costes económicos mínimos y con seguridad máxima para personas y material, dependen del acierto en la gestión de mantenimiento, se tomaron ya desde un principio una serie de directrices a ello encaminadas:

- Selección de personal de probada experiencia y potenciación del factor humano.
- Estudio de la organización y procedimientos de la Central de referencia (Saint Laurent des Eaux).
- Participación en la puesta en marcha con la Agrupación de constructores, asumiendo paulatinamente el mantenimiento de las partes de instalación que pasaban a régimen de explotación provisional. Esta fase permitió una completa transferencia de conocimientos y responsabilidades. Juzgamos este período como de vital importancia para un correcto desarrollo posterior.
- Práctica de una política de intercambios de experiencias con la central de referencia y con las centrales españolas, ya sea a título particular o colegiado (ASINEL).
- Búsqueda de una estrategia de equilibrio, que luego ampliaremos, entre el mantenimiento correctivo y el preventivo. Potenciación de las soluciones autónomas frente a suministros o al «saber hacer» del constructor.
- Adaptación de los programas a los resultados de la experiencia, aprovechando así este «Feedback» para complementar las propuestas del constructor y optimizar la gestión.

## ORGANIZACION DEL SERVICIO

Bajo la dirección de un Jefe de Servicio y de dos Ingenieros adjuntos, se dirigen y coordinan las actividades de una plantilla de cien personas distribuidas en las siguientes secciones:

- Sección mecánica.
- Sección electricidad.
- Sección instrumentación.
- Sección TICA (Tratamiento de la Información y Mando automático).

- Sección DPM (Dispositivo Principal de Manutención). Esta sección garantiza la carga y descarga de combustible en el reactor.

- Como subsecciones dependientes de la sección mecánica existen obra civil y pintura, que la experiencia nos ha demostrado que en un volumen mínimo resulta de interés el que estén integradas en la plantilla de explotación.
- Cada sección anteriormente citada garantiza la preparación y ejecución de los trabajos sobre los materiales que le son propios y cuida de la realización y puesta al día de la documentación necesaria para ello, así como de la elaboración de la información requerida para la ulterior elaboración del historial del material.

Como estructura de apoyo a las anteriores secciones existen:

- Oficina técnica.
- Sección ordenación: Garantiza el lanzamiento de los trabajos, la confección del historial, el seguimiento económico de la gestión y, en general, da soporte a las tareas técnico-administrativas relativas al mantenimiento.
- Sección compras-almacén: Garantiza la gestión de aprovisionamiento de recambios y materias consumibles para su posterior almacenamiento y libramiento al utilizador.

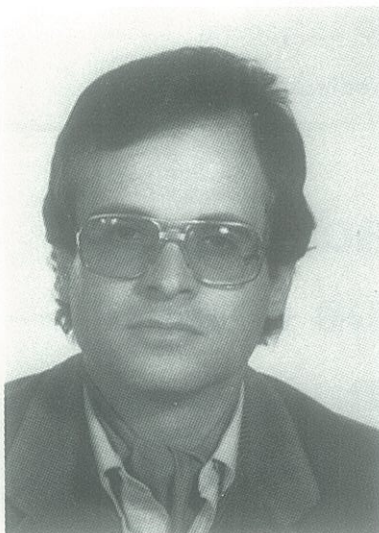
En lo relativo al grado de mecanización de la gestión cabe señalar que se tiene computarizado la gestión de almacén en lo concerniente a control de stocks, lanzamiento de pedidos y control de gastos, si bien no en un proceso a tiempo real, que se piensa introducir próximamente. La planificación del mantenimiento preventivo y el historial están actualmente sin computarizar.

## ESTRATEGIA DEL MANTENIMIENTO

El objetivo de lograr la máxima disponibilidad y seguridad de la central a costes mínimos se debe alcanzar con la existencia de un programa de mantenimiento equilibrado entre las diferentes tendencias organizativas posibles:

**Mantenimiento correctivo** o fortuito que constituyen todas las intervenciones destinadas a remediar las averías o fallos que puedan producirse de forma imprevista durante el funcionamiento.

**Mantenimiento preventivo** lo constituyen las intervenciones destinadas a prevenir las anomalías o indisponibilidades.



Joaquín RIEROLA PUIGSERINANELL es Ingeniero Industrial por la ETSII de Barcelona. Inició su labor profesional en HIFRENSA (C. N. Vandellós I) colaborando en la construcción y puesta en marcha, desarrollando posteriormente las actividades de Subjefe de Operación, Subjefe de Mantenimiento, siendo en la actualidad Jefe de dicho Servicio.

des de equipos. Las intervenciones son planificadas por secuencias temporales (trabajos sistemáticos), fruto de las recomendaciones del constructor y de la experiencia propia, o por resultado del seguimiento de parámetros significativos del buen funcionamiento, lo que constituye el mantenimiento **predictivo**.

Se ha procurado encontrar el equilibrio entre excesivas o prematuras intervenciones y el riesgo de indisponibilidades, derivado tanto de una defectuosa intervención como de la falta de intervención, si bien la intensificación de los seguimientos y controles viene también acorde con la vida de la instalación. Una limitación para las intervenciones lo constituyen también el imperativo estado de disponibilidad en que ciertas partes de la instalación deben mantener, lo cual implica una concentración de dichos trabajos en los períodos de parada programada, igualmente es un factor limitativo las condiciones radiológicas en las cuales puede desarrollarse el trabajo.

Ejemplo de mantenimiento predictivo lo constituyen el derivado del seguimiento del historial vibratorio de máquinas rotativas y del control de aceites para detectar posibles anomalías en transformadores (análisis de gases).

Dentro del plan general de mantenimiento preventivo hay que destacar las intervenciones destinadas a garantizar el buen funcionamiento del material directamente ligado a la seguridad nuclear, según lo definido en las especificaciones de funcionamiento.

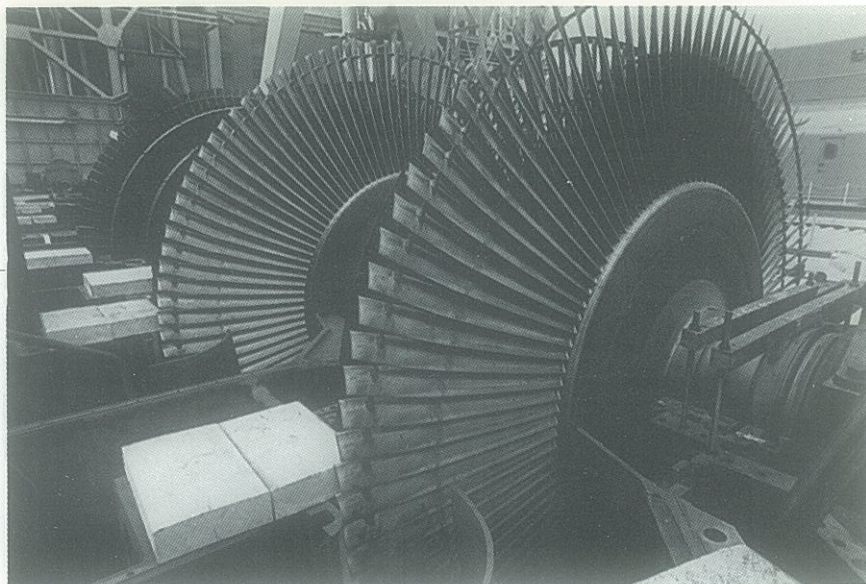
Los resultados de la estrategia de mantenimiento pueden evaluarse en términos de indisponibilidad no programada en la tabla T-I.

## ORGANIZACION DEL TRABAJO

Se parte de la actuación, en principio parcial, sobre una unidad de intervención, cuya identificación o nomenclatura resulta de la división de la Central en diferentes conjuntos y subconjuntos funcionales. Dicha actuación viene lanzada por la correspondiente orden de trabajo, documento que servirá posteriormente para la confección del historial y para la imputación de costos.

La autorización de trabajo autoriza y delimita el ámbito de la intervención, asigna responsabilidades y define las precauciones radiológicas a tomar, si es que las hay. Este documento acompaña siempre al procedimiento o GAMA de intervención.

La gama de intervención define de manera inequívoca la unidad de inter-



Rotor de la turbina principal en revisión.

vencción, el propósito o alcance del trabajo, prerequisites, condiciones limitativas precauciones especiales, herramientas, puntos especiales de seguimiento o control y condiciones de retorno al servicio operativo.

Definidos estos documentos de base para la organización del trabajo, hay que resaltar que los elementos clave son la buena planificación y el control de los trabajos, debiéndose crear un seguimiento *in situ* y administrativo de los trabajos realizados. Especial planificación requieren los trabajos bajo radiación, al objeto de que en coordinación con el Servicio de Protección Radiológica se optimicen en términos de la carga radiológica recibida (ALARA).

En cuanto al ámbito temporal en que los trabajos se desarrollan, merecen un análisis específico los de parada programada, pero también cabe mencionar que la organización de mantenimiento debe prever las intervenciones inmediatas y en cualquier momento, y para ello se cuenta con los equipos de retén afectos a cada una de las secciones de mantenimiento, al tiempo que unas condiciones económicamente estimulantes faciliten la disponibilidad de las personas, cuya reglamentación en cuanto a condiciones económicas laborales se pactan en convenio.

## TRABAJOS DE MODIFICACION

Como consecuencia de la experiencia de explotación, después de los análisis de incidentes o del comportamiento de materiales, se derivan propuestas de modificación que una vez evaluadas, aprobadas y documentadas deberán ser realizadas por el servicio de mantenimiento. Estas modificaciones responden en muchos casos a cambios introducidos en la central de referencia. Toda modificación que interfiere con la seguridad sigue el correspondiente trámite administrativo previo a su realización.

## PARADA PROGRAMADA

Especial importancia dentro de la planificación del mantenimiento lo tienen los trabajos a realizar en la parada programada de la instalación, principalmente en las centrales de recarga de combustible en servicio, pues se desplaza el camino crítico a la realización de los trabajos de mantenimiento en su vertiente: sistemático, correctivo, de inspección o control y de modificación.

El inicio de la planificación se establece de un año a otro, sobre todo en lo concerniente a previsión de materiales, pero se intensifica a los seis meses previos, estableciendo contacto con entidades colaboradoras nacionales y extranjeras. La segunda fase de la planificación que corresponde al planing de detalle se inicia con un mes de antelación, completándose con los planings diarios durante el desarrollo de los trabajos.

El período de inicio de la parada tiene en cuenta las necesidades propias y los condicionamientos de *dispatching*. En cuanto a su duración global se centra alrededor de tres semanas, si bien las revisiones de grupo turboalternador pueden alargar este período para la máquina en cuestión hasta seis semanas.

La experiencia acumulada a lo largo de trece años de explotación ha permitido ir ampliando las actividades desarrolladas en esta fase, así como su sistematización.

Los trabajos se desarrollan en principio en un sólo turno y a ritmo de actividad incentivado para el personal propio, sobre el que recae en gran medida el peso de los trabajos, pues el número de personal ajeno contratado puede oscilar entre cincuenta y ochenta personas, dependiendo si hay revisión de turboalternador o no.

Consideramos de gran interés el evitar la sobrecarga de personal ajeno y que sea el personal propio el que con el conocimiento de los materiales y gran sentido de responsabilidad actúe de catalizador de los grupos contratados. En

## CUADRO DE INDISPONIBILIDADES DE LOS AÑOS 83 Y 84, CALCULADO SOBRE LA PRODUCCION TEORICA MAXIMA

|                                                | MWh (83)         | % (83)        | MWh (84)         | % (84)        | MWh acumulado (83 y 84) | % acumulado (83 y 84) |
|------------------------------------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|-------------------------|-----------------------|
| Parada programada .....                        | 230.200          | 19,60         | 253.199          | 19,07         | 483.399                 | 19,32                 |
| Ensayos .....                                  | —                | —             | 472              | 0,04          | 472                     | 0,02                  |
| Limitación cambiador .....                     | 771.102          | 65,64         | 868.904          | 65,44         | 1.640.006               | 65,53                 |
| Fugas cambiador .....                          | 48.876           | 4,16          | 79.083           | 5,96          | 127.959                 | 5,11                  |
| Grupos principales .....                       | 4.750            | 0,40          | 17.635           | 1,33          | 22.385                  | 0,90                  |
| Turbosoplantes .....                           | 1.100            | 0,09          | 59.240           | 4,46          | 60.340                  | 2,42                  |
| Regulación general .....                       | 43.910           | 3,74          | 3.578            | 0,26          | 47.488                  | 1,90                  |
| Tratamiento información ..                     | 29.400           | 2,50          | 31.746           | 2,39          | 61.146                  | 2,45                  |
| Parque y líneas .....                          | 15.750           | 1,34          | 14.031           | 1,05          | 29.781                  | 1,18                  |
| DRG-DRGG .....                                 | 15.750           | 1,34          | —                | —             | 15.750                  | 0,62                  |
| Estación de bombeo .....                       | 14.000           | 1,19          | —                | —             | 14.000                  | 0,55                  |
| <b>TOTALES .....</b>                           | <b>1.174.838</b> | <b>100,00</b> | <b>1.327.888</b> | <b>100,00</b> | <b>2.502.726</b>        | <b>100,00</b>         |
| Factor de indisponibilidad programada .....    |                  | 23,81         |                  | 26,62         |                         | 25,22                 |
| Factor de indisponibilidad no programada ..... |                  | 4,12          |                  | 4,86          |                         | 4,49                  |

cuanto a ese personal exterior es necesario hacer una buena selección de las empresas contratadas, pero es igualmente importante el mantener una continuidad en la presencia de personas que ya se han destacado por su buen hacer y conocimiento de la instalación, una verificación de listas de personal a participar es indispensable.

En la revisión de los conjuntos más críticos de la instalación, si bien la estrategia ha sido el conseguir la práctica autonomía en el desarrollo de los trabajos, se cuenta con la presencia de Supervisores de la casa constructora.

La carga radiológica tiene poca incidencia en el desarrollo de los trabajos, pues aunque se planifica su optimización, hasta el presente no es causa de sustitución de personas por sobrepasar las dosis permitidas.

## RECAMBIOS

La gestión de los recambios en sus fases de petición de aprovisionamiento, fabricación, recepción y control, almacenamiento y libramiento, es un elemento básico en la planificación y organización del mantenimiento.

Los materiales en la Central se encuentran clasificados en dos grandes grupos: a) banalizados y b) de seguridad. Los banalizados corresponden a materiales de uso común en cualquier parte de la instalación y existen unas nueve mil fichas de los mismos. Los materiales de seguridad vienen asignados directamente a los diferentes subconjuntos funcionales en que se divide la instalación y su uso es, pues, específico de los mismos.

Los materiales de seguridad tienen requerimientos específicos en todas sus fases de gestión: conservación de los *standards* de calidad inicialmente establecidos por el constructor, control cualitativo de los mismos y definición de los *stocks* de seguridad que garanticen las necesidades de explotación de la Cen-

tral. En cuanto a esta fijación de *stocks*, es evidente que la experiencia ha ido perfilando los mismos. Existen nueve mil quinientas fichas de los mismos.

Las centrales con ya más de diez años de funcionamiento y principalmente si pertenecen a tipos o «filiéres» que han tenido poca implantación se pueden encontrar en la gestión de los recambios con serios problemas, de manera que se vean obligadas a buscar soluciones alternativas a los recambios originales del constructor y que, a su vez, satisfagan los *standards* de calidad iniciales. En este sentido ha sido necesario avanzar, ya sea con iniciativas propias o mancomunadas con otras centrales que adolecen de problemas análogos.

Ejemplo de gestión mancomunada lo constituye la creación del Comité de Explotadores del Ordenador 90-40, en el cual están agrupadas las centrales grafito-gas francesas y la Central de Vandellós. Su objetivo ha sido la sustitución de materiales en los calculadores (memorias de masas, convertidores analógico-digitales, acopladores o interfases periféricos, etc.), pues cualquier iniciativa particular choca con costes elevadísimos de estudio de adaptación (*software*) y con la necesidad de efectuar ensayos de prototipo en cadena no operativa para el mando de la instalación, y que no todas las centrales disponen de ellas. Hay que decir que se han obtenido resultados muy positivos y varios equipos son ya operativos. Igualmente se lleva una gestión de conjunto en el aprovisionamiento de garras y cables para la manutención del combustible, al amparo de un protocolo de suministro con el constructor francés. También se han iniciado gestiones para la fabricación alternativa de junts de estanqueidad de los tapones reactor, actualmente en dificultad de suministro.

A todo ello hay que añadir que se practica una política flexible de compartición o cesión temporal de recambios, que puede paliar una situación crítica en cualquier central de la «filière».

## EL ORDENADOR 90-40 (TICA)

Dado el interés que para el funcionamiento de la Central tiene el ordenador, se va a profundizar en la presentación de este material y de las gestiones de recambios realizadas.

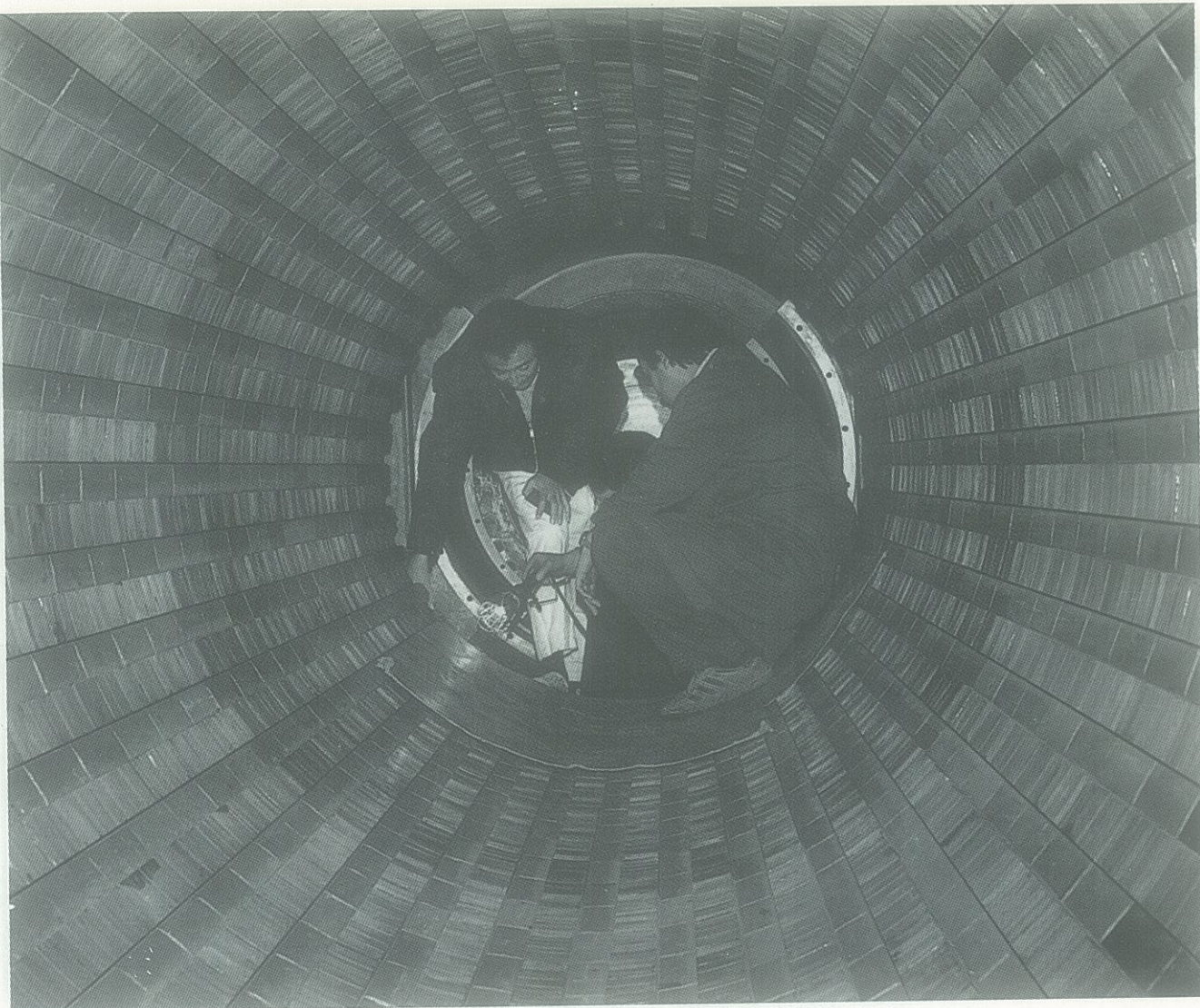
El TICA garantiza las funciones de tratamiento de la información y de mando automático, la primera consiste esencialmente en adquirir y tratar aproximadamente 4.000 variables TOR (todo o nada) y 3.000 variables analógicas (medidas). La función mando automático participa con cadenas cableadas de tipo clásico a la puesta en servicio de 200 subsecuencias o secuencias y realiza el control de su buena ejecución.

El TICA está realizado a partir de un ordenador 90-40, doblado por razones de seguridad, el conjunto trabajo a tiempo real y consta esencialmente de:

- Unidad central, con memoria central de 24 K y palabras de 24 bits, registros y circuitos lógicos.
- Canales de comunicación de interrupción prioritaria y de entrada - salida de información.
- Periféricos:
  - «Standard»: impresora rápida, unidad de bandas magnéticas, memoria auxiliar (tambor), impresoras, teletipos, etc.
  - «Tiempo real»: unidad de transmisión de salida, relés de entrada, relés de salida.
- Programas con tres categorías de gestión:
  - Programas generales tratados en permanencia.
  - Programas de interrupción jerarquizados.
  - Programas de automatismos.

La memoria auxiliar de tambor contiene la casi totalidad de las informaciones necesarias para los programas generales, consta de 582 pistas, de 165 palabras de 25 bits y una capacidad total de 96 K. Su velocidad de rotación es de 3.000 r.p.m. Al ser un elemento dinámico constituye un punto débil en cuanto al número de horas de buen funcionamiento. La central se equipó ya en el 74 con una memoria auxiliar de disco MS 400 (SAGEM). Los utilizadores del 90-40 frente a los problemas de falta de garantía en el mantenimiento optarán por memorias estáticas Magastore de Dattel de 256 K, con palabras de 20 bits, equipados de su correspondiente interfase al acoplador 90-40. Después de una fase de ensayo se demostró su buen funcionamiento y compatibilidad con las memorias de disco y tambor.

La adquisición y tratamiento de medidas analógicas es otra de las gestiones básicas del ordenador, cada unidad de adquisición de medidas (UAM) consta de: filtros, amplificadores, convertidor analógico-digital (CAN) y circuitos de mando. El CAN presentaba también problemas de recambios, por lo que la central de Bugey procedió a la puesta a



Estator del alternador principal en revisión.

punto de convertidores analógico - numéricos integrados.

Los periféricos impresora rápida (IR) y unidad de bandas magnéticas (URM) presentan también problemas de mantenibilidad por falta de recambios, en este tema unos utilizadores se han inclinado por el estudio de nuevos acopladores o interfases, que permitan adoptar nuevos terminales. En la Central de Vandellós está en curso el adoptar un microprocesador al canal de entrada-salida de información, de modo que por programación se pueda implementar la interfase necesaria a cada periférico y, en particular, a una prevista unidad de grabación en cinta explotable directamente por un microprocesador, sin tener que recurrir, como con las actuales bandas magnéticas, al ordenador del centro de cálculo y con ello hacer posible la política de pasar de un ordenador central de gestión a un sistema de microcentros distribuidos.

## EL FACTOR HUMANO EN EL MANTENIMIENTO

Una perfecta organización y planificación, inclusive con el soporte del más

sofisticado sistema informático, no son por sí mismo la clave del éxito en el mantenimiento, son las personas del equipo que lo integran con su capacidad y dinamismo y con la gradual introducción de apoyo informático, a nuestro entender, las bases de dicho éxito.

Un equipo de mantenimiento en el que las personas clave hayan sido seleccionadas por su experiencia previa y hayan participado en la puesta en marcha tiene la base inmejorable para un buen desarrollo de sus funciones. La experiencia y la formación que se van acumulando actúan a modo de realimentación y con ello se mejoran día a día los criterios de gestión.

La disponibilidad final de la central, operando dentro de los límites de máxima seguridad se gana también con la respuesta que cada momento las personas **sepan y quieran dar**. Es por esto que conseguir una respuesta activa del equipo es un objetivo esencial y por ello se tendrá que:

- Tener una política general de estímulo, sobre todo en plantillas estáticas, que si bien son ventajosas porque los conocimientos acumulados no se dispersan, pueden tener el inconveniente de falta de motivación con el transcurso del tiempo.
  - Tener la flexibilidad suficiente para lograr que frente a la aparición de problemas las personas se vuelquen en su resolución, pero también para atender satisfactoriamente a determinadas situaciones de tipo personal.
  - Valorar y estimular las aportaciones personales que se puedan hacer sobre la mejora de procedimientos o modificaciones de componentes.
  - Crear el clima de confianza frente al fallo humano, de modo que éste siempre sea comunicado y asumido como base de mejora para el futuro.
- Finalmente, como complemento a esta potenciación de la respuesta individual o colectiva, es indispensable tener también la organización de base para hacer frente a los problemas intempestivos de la instalación mediante un sistema de retenes en cada sección y con unos efectivos dependientes de la experiencia de necesidades.

- Confeccionar desde su inicio un organigrama general de la Central equilibrado, donde las personas de mantenimiento se sientan valoradas.