

# Eficiencia y fiabilidad a través del mantenimiento en centrales térmicas convencionales

**Paulo Domingues Santos**

*Subdirector de Servicios Técnicos  
Subdirección General de Producción  
Endesa Generación, S.A.*

---

**E**n el actual contexto socioeconómico, los sectores más conservadores de la industria experimentan o han experimentado una fuerte reducción de ingresos y una importante reducción de su producción. La consecuencia natural de esta situación, como no podía dejar de ser, es de nuevo una fuerte presión hacia, primero, la eliminación parcial o total de las inversiones pariculares y, segundo, una fuerte reducción de las inversiones recurrentes y de los costes operativos que permiten minimizar el impacto negativo sobre los márgenes de negocio.

Es por tanto fundamental rentabilizar al máximo la ejecución de los presupuestos puestos finalmente a disposición de las plantas industriales para su mantenimiento. Para ello, es también fundamental optimizar la planificación y posteriormente realización del mantenimiento. Además de la utilización de técnicas de fiabilidad que permitan optimizar

la utilización de los recursos, tanto humanos como materiales, es preciso superar la visión clásica del Mantenimiento como un departamento con una actividad independiente y considerarlo como un proceso en toda su plenitud, involucrando a todos los sectores y a todas las personas de la planta y de la empresa que tienen una interrelación con dicho proceso, potenciando al máximo el trabajo en equipo.

En este artículo se presenta la experiencia de ENDESA Generación en este campo, con varios ejemplos que hacen posible preservar la fiabilidad, la eficiencia, la seguridad de personas y activos y el desempeño medioambiental de las centrales térmicas convencionales.

## **INTRODUCCIÓN**

Las consecuencias de la fuerte reducción del consumo que se ha verificado a nivel internacional se han notado también en el sector

**Paulo Domingues Santos**  
Subdirector de Servicios Técnicos  
Subdirección General  
de Producción  
Endesa Generación, S.A.

C/ Riera de Loria, 60  
28042 Madrid

Tel.: 912 139 045  
Fax: 9121 399 090



# Eficiencia y fiabilidad en centrales térmicas

## Paulo Domingues Santos

eléctrico en España, principalmente debido a la reducción del consumo industrial. Según Red Eléctrica de España, la demanda de energía eléctrica peninsular en el mes de marzo ha supuesto un descenso del 8,3% respecto al mismo mes del año anterior. Corregidos los efectos de la laboralidad y de la temperatura, la demanda ha bajado un 10,2%.

Analizando los datos de consumo eléctrico acumulados en el primer trimestre de 2009, se ha verificado una reducción del 7,5% con relación al mismo periodo del 2008. Una vez más, corregidas la laboralidad y la temperatura, el descenso de la demanda en este periodo alcanza el 8,9%.

Con relación al equipo térmico instalado en el sistema eléctrico peninsular y perteneciente al régimen ordinario, su utilización en el año 2008 fue (tabla I) (figs. 1 y 2):

Esto pone de manifiesto la sobrecapacidad instalada que existe en el sistema (hay Centrales de Ciclo Combinado que se están despachando, probablemente con pérdidas, debido a que deben consumir la cantidad de gas natural mínima garantizada en sus contratos de suministro, o *take-or-pay*, evitando así mayores pérdidas económicas, es decir el mal menor, y en el equipo térmico en particular, en un escenario de evolución de la demanda probablemente negativo en este año 2009.

Asimismo, los precios de casación diaria en el mercado eléctrico español se han visto reducidos de forma importante en este año 2009, contribuyendo a desincentivar el desarrollo de nuevos proyectos (tabla II) (fig. 3).

No es de extrañar, por tanto, que en un contexto como éste los distintos actores

**TABLA I**

Tecnología	Potencia instalada	Generación en 2008	Factor de utilización
Nuclear	7.716 MW	58.756 GWh	86,9%
Carbón	11.359 MW	46.346 GWh	46,6%
Fuel/gas	4.418 MW	2.454 GWh	6,3%
Ciclos combinados	21.667 MW	91.821 GWh	48,4%
Total	45.160 MW	199.377 GWh	50,4%

(Fuente: REE)

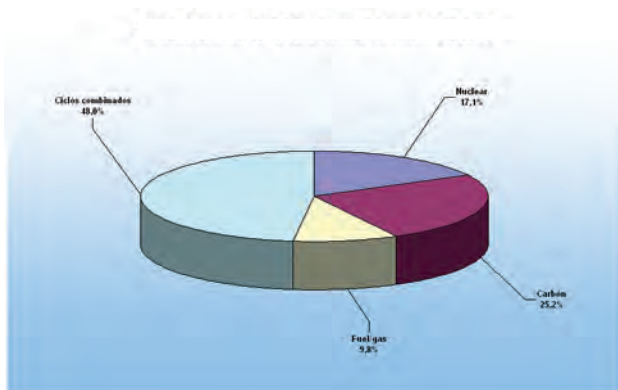


Fig. 1. Potencia instalada en el equipo térmico peninsular en 2008

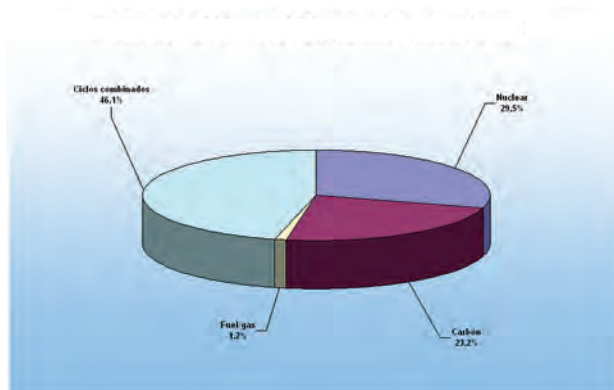


Fig. 2. Cobertura de la demanda por el equipo térmico peninsular en 2008

**TABLA II**

Año	Precios horarios finales en el mercado de producción	Coste medio de la energía adquirida a régimen especial	Aportación del régimen especial a la cobertura de la demanda peninsular
2004	35,70 €/MWh	61,41 /MWh	19,1%
2005	62,40 €/MWh	82,80 /MWh	19,8%
2006	65,80 €/MWh	87,57 /MWh	19,3%
2007	47,40 €/MWh	80,91 /MWh	21,2%
2008	63,36 €/MWh	112,98 /MWh	23,9%
2009 (*)	42,58 €/MWh	110,41 /MWh	29,5%

(Fuentes: REE y CNE. Precios del año)

(\*) Datos oficiales acumulados a 31-03-2009

presentes en el mercado anuncien planes de inversiones ajustados, que incluyen el posponer sus proyectos de ampliación de capacidad (a pesar del incentivo a la inversión en nuevas instalaciones) o soliciten al regulador un marco legal estable que garantice la amortización de nuevas inversiones.

Como consecuencia de la reducción de ingresos que supone tanto la menor utilización del equipo de generación eléctrica como la caída de precios en el mercado, vuelve la presión hacia una reducción de las inversiones recurrentes y de los costes operativos, que permita minimizar el impacto negativo sobre los márgenes de negocio. En general, donde más se suele sentir el peso de estas reducciones presupuestarias suele ser en el mantenimiento de instalaciones, por su mayor peso relativo.

Por ello es fundamental rentabilizar al máximo la ejecución de los presupuestos puestos finalmente a disposición de las centrales para su mantenimiento.

### EL MANTENIMIENTO COMO UN PROCESO Y NO COMO UN DEPARTAMENTO. LOS BENEFICIOS DEL TRABAJO EN EQUIPO

Para rentabilizar al máximo la ejecución de los presupuestos puestos finalmente a disposición de las centrales para su mantenimiento, es preciso:

- Utilizar inteligentemente los recursos técnicos y económicos, donde aportan valor al negocio.
- Maximizar su utilización.

La utilización inteligente de los recursos se puede definir de distintas formas, si bien se reconoce la utilidad de aplicar técnicas de fiabilidad, como el RCM o Mantenimiento Centrado en Fiabilidad. Asimismo, la metodología complementaria, RCS o Repuestos Centrados en Fiabilidad, puede ayudar también a reconducir las inversiones de los almacenes hacia los repuestos cuya falta suponga una pérdida de valor para el negocio. Su limitación reside en el consumo intensivo de recursos que requieren y en alguna dificultad para, manteniendo la pureza metodológica, reaccionar de modo rápido a los cambios de contexto operacional, como por ejemplo una modificación del régimen de despacho de las centrales o de su retribución (como por

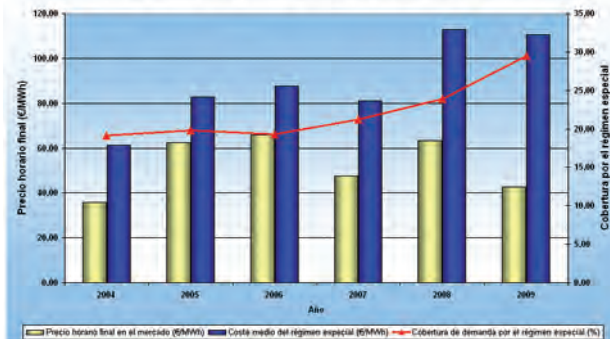


Fig. 3. Evolución de los precios de la electricidad en el mercado.

ejemplo la cancelación de los ingresos por garantía de potencia).

Con relación a la maximización de la utilización de los recursos principalmente técnicos puestos a disposición del mantenimiento de las centrales, esto se puede lograr a través de una cuidadosa sincronización y colaboración entre las personas que componen los distintos Departamentos Técnicos de una central:

- Mantenimiento
- Operación
- Ingeniería de explotación
- Aprovisionamientos

Sin embargo, es fundamental que se disocie la actividad de mantenimiento del Departamento de Mantenimiento, encarándolo como un proceso. Éste es un primer paso esencial para la comprensión del alcance del Proceso, rompiendo las barreras tradicionales y logrando reunir, alrededor de un objetivo común y bien entendido, todos los actores que se relacionan con la actividad.

Es cierto que se habla de forma insistente del trabajo en equipo, pero no son tan comunes los ejemplos del éxito logrado en este campo, principalmente en lo que concierne a las grandes instalaciones de la industria de proceso. Esto quizá sea una consecuencia de que su gestión haya seguido modelos perfectamente jerarquizados, donde en algunos casos personalidades carismáticas han conducido al levantamiento de barreras más o menos intransponibles entre departamentos y, lo que es más triste, entre las secciones o servicios del propio Departamento de Mantenimiento. En otros casos, quizás hayan sido de nuevo temas personales, como envidias y una cierta inseguridad, los que hicieron que la actividad de alguna área transcurriera de manera totalmente opaca con relación a las demás.

Pero los beneficios que se pueden lograr a través del trabajo en equipo en el Proceso de Mantenimiento son suficientemente importantes, máxime en el actual contexto de mercado, para tenerlos en cuenta y promocionar la consolidación de este valor. Algunos ejemplos son:

- La transmisión correcta y oportuna de los síntomas de las averías y la descripción clara y transparente de todas las actuaciones llevadas a cabo tras la detección de las mismas es de un enorme valor, al permitir que el personal que tiene que realizar el diagnóstico y promover la reparación no pierda su tiempo repitiendo pasos ya dados o excluyendo posibles causas.

- Idealmente, los diagnósticos complejos deberán ser realizados en conjunto y luego analizados los resultados de las intervenciones, con objeto de lograr llegar hacia la causa-raíz del problema y así proponer medidas correctoras que impidan su recurrencia, en el caso de que las consecuencias de la avería sean lo suficientemente importantes para el negocio.

- La planificación de los descargos de sistemas y equipos permite ahorrarse mucho tiempo de espera y también laminar la carga de trabajo a través de los distintos turnos de operación de las plantas.

- Los cálculos de eficiencia y el diagnóstico basado en el estudio de la pérdida de eficiencia son una herramienta predictiva de gran valor añadido para el negocio. Permiten ampliar el alcance de intervenciones que no estaban inicialmente previstas, pero que se justifican, y permiten evitar determinadas intervenciones, si existen limitaciones presupuestarias y no se justifican desde un punto de vista de eficiencia (se excluyen obviamente las intervenciones de mantenimiento legal).

- La colocación a tiempo de los pedidos de servicios y materiales, así como su seguimiento para garantizar el cumplimiento de las fechas de entrega, permiten cumplir tanto la planificación como el alcance de los trabajos de revisión y de otras intervenciones de mantenimiento.

Esto es sin embargo algo que no se puede imponer a todo un colectivo, por el riesgo de fracaso que conlleva si los distintos actores no lo entienden y si no son capaces de ver los beneficios para la organización más allá de un riesgo de pérdida de poder personal. En suma, si no lo consideran como suyo.

Para ello es quizás mejor promover el concepto y luego, poco a poco, pero de forma sistemática y con una consolidación en el tiempo, ir lanzando iniciativas que potencien el trabajo en grupo y la alineación con objetivos comunes. Dichas iniciativas deben recibir apoyo de la jerarquía y además deben motivar también su interés continuado en el tiempo, con objeto de que con ello la organización finalmente las interiorice y las considere como suyas.

### **LA EXPERIENCIA DE ENDESA GENERACIÓN. EJEMPLOS DE INICIATIVAS DE MEJORA**

La experiencia de Endesa Generación con las iniciativas de mejora que tienen como objetivo potenciar el trabajo de equipo en Mantenimiento, rompiendo las tradicionales barreras departamentales y forzando una visión de proceso son, en algunos casos, comunes a muchas otras empresas del sector eléctrico en particular pero también del sector energético en general. Algunas, quizás sean menos comunes y, como tales, más interesantes, pero todas están enfocadas a la mejora de la eficiencia y de la fiabilidad de las centrales.

### **PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE FALLOS DE TUBOS EN CALDERAS. RESULTADOS**

Los fallos de tubos son la causa primaria de indisponibilidad en calderas, tanto de combustión como de recuperación de calor. Por ello, Endesa Generación adoptó la metodología del EPRI, conocida como Programa de Reducción de Fallos de Tubos en Calderas (PRFTC o BTFRP).

Se impartió una formación de base y se creó una directiva que define cómo se reportan las incidencias, incluyendo el formato adoptado para ello, cómo se organizan los Grupos de Trabajo multidisciplinares y la metodología a seguir en los análisis hasta llegar a la causa-raíz del fallo, con objeto de tomar medidas que eviten su recurrencia.

Se realizan videoconferencias quincenales de seguimiento de las incidencias, con la presencia de los líderes de los Grupos de Reducción de Fallos de Tubos en Calderas y también con personal multidisciplinar de los Servicios Técnicos de Producción, incluyendo el Laboratorio Central de Química y Metalurgia.

Se publica un informe interno de seguimiento con frecuencia trimestral. El EPRI

# Eficiencia y fiabilidad en centrales térmicas

## Paulo Domingues Santos

realiza un seguimiento anual de los resultados obtenidos.

Se detallan a continuación los resultados obtenidos hasta el momento (tabla III) (figs. 4 y 5).

*La potenciación del trabajo en equipo adviene del hecho de que los Responsables de Mantenimiento entiendan que para llegar a la causa-raíz de los problemas hay que ir mucho más allá de la simple reparación o del cambio de materiales. Con relación a los Responsables de Operación y de Ingeniería de Explotación, incluyendo Química, la potenciación del trabajo en equipo adviene del hecho de que se sientan parte de algo que tradicionalmente llevaba sólo Mantenimiento, aportando su conocimiento experto, y que entiendan el importantísimo rol que sus actuaciones desempeñan en este proceso.*

*La mejora de eficiencia y de fiabilidad resulta de la reducción de la principal fuente de*

*indisponibilidad en las centrales, acompañada de una reducción de paradas y arranques para reparaciones forzosas, un menor consumo de combustibles (auxiliar y principal) y un menor consumo de agua desmineralizada, ambos derivados de no operar la caldera con pérdidas de agua o de vapor y de tener menos arranques.*

### PUESTA EN MARCHA DEL LABORATORIO CENTRAL DE QUÍMICA Y METALURGIA. RESULTADOS

A principios del año 2008, ENDESA Generación puso en marcha un Laboratorio Central de Química y Metalurgia con objeto de prestar un apoyo técnico especializado a todas sus Unidades de Producción. Dicho laboratorio nació con la misión de solucionar las siguientes dificultades:

- Dificultad creciente para encontrar laboratorios externos con capacidad para realizar determinados tipos de análisis a precios que no fueran prohibitivos.

TABLA III

Central	FTC 2007	Indisponibilidad asociada 2007	FTC 2008	Indisponibilidad asociada 2008	Variación
C.T. As Pontes	24	212,2 GWh	7	61,6 GWh	- 71,0%
C.T. Alcúdia II	12	36,0 GWh	8	24,5 GWh	- 31,9%
C.T. Compostilla II	36	267,6 GWh	25	207,8 GWh	- 22,3%
C.T. Litoral	11	152,8 GWh	11	152,4 GWh	- 0,3%
C.T. Teruel	39	343,5 GWh	34	299,7 GWh	- 12,8%
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>1.012,1 GWh</b>	<b>85</b>	<b>746,0 GWh</b>	<b>- 26,3%</b>

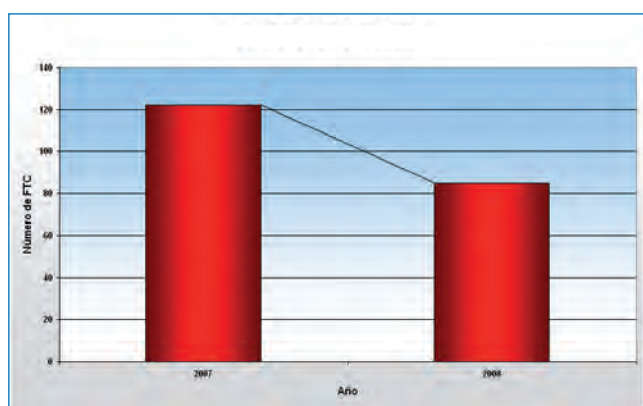


Fig. 4. Fallos de tubos en calderas.

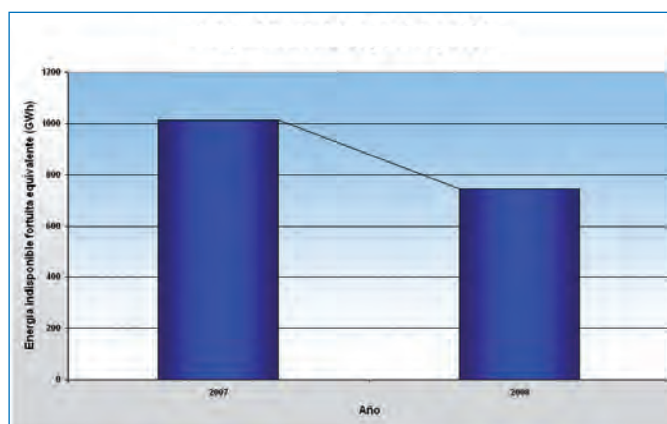


Fig. 5. Indisponibilidad fortuita equivalente por FTC.

- Tiempos de respuesta largos para diagnósticos químicos urgentes de condición de equipos (como, por ejemplo, diagnósticos de la condición de transformadores de potencia).

- Tiempos de respuesta largos para diagnósticos metalúrgicos de condición de equipos (como, por ejemplo, roturas de tubos en calderas).

- Falta de conocimiento de la tecnología y del negocio por parte de las entidades externas, impidiendo establecer un puente entre los resultados de los análisis y el diagnóstico de la condición de los equipos, es decir, asesoramiento técnico.

El Laboratorio Central de Química y Metalurgia de ENDESA Generación posee diversas capacidades y, en la actualidad, tiene una misión fundamental de apoyo a los Programas de Reducción de Fallos de Tubos en Calderas y al Programa de Mejora de la Química del Ciclo (fig. 6).

*La potenciación del trabajo en equipo adviene del hecho de que los Responsables de Mantenimiento entiendan el importantísimo rol que juega el Laboratorio Central de Química y Metalurgia en la determinación del mecanismo de fallo del tubo, además de proveer posibles causas-raíces para dicho mecanismo de fallo, es decir, una función de asesoramiento técnico. Asimismo, tanto el personal del Laboratorio Central como los demás componentes del Grupo de Reducción de Fallos de Tubos en Caldera se sienten parte del proceso.*

*La mejora de eficiencia y de fiabilidad resulta una vez más de la reducción de la principal fuente de indisponibilidad en las centrales, acompañada de una reducción de paradas y arranques para reparaciones forzosas, un*

*menor consumo de combustibles (auxiliar y principal) y un menor consumo de agua desmineralizada, ambos derivados de no operar la caldera con pérdidas de agua o de vapor y de tener menos arranques.*

*Además de ello, el Laboratorio Central provee también información independiente y desinteresada sobre el estado de algunos equipos y fluidos del proceso, que constituyen un magnífico conjunto de información para el apoyo a la toma de decisión de Mantenimiento (planificación y preparación de las inversiones e intervenciones, con objeto de minimizar el impacto sobre el negocio).*

### FORO DE QUÍMICA DE CENTRALES. MEJORA DEL ACONDICIONAMIENTO QUÍMICO DEL CICLO PARA EVITAR LOS LAVADOS ÁCIDOS DE CALDERA. PROGRAMA DE MEJORA DE LA QUÍMICA DEL CICLO. CONSERVACIÓN EN PARADAS

#### Foro de Química de Centrales

ENDESA Generación puso en marcha en 2003 un Foro de Química de Centrales, que se reúne dos veces al año, comparte mejores prácticas y desarrolla una serie de trabajos, como pruebas piloto de nueva instrumentación de control químico del proceso, nuevos equipos y nuevos productos de acondicionamiento químico y guías técnicas, procedimientos y directivas.

#### Mejora del acondicionamiento químico del ciclo para evitar los lavados ácidos de caldera

Una de las labores más importantes que se vienen realizando en conjunto con otras áreas de las centrales, principalmente Mantenimiento, es la eliminación progresiva de aleaciones de Cobre en los componentes de los circuitos de condensado y agua de alimentación que

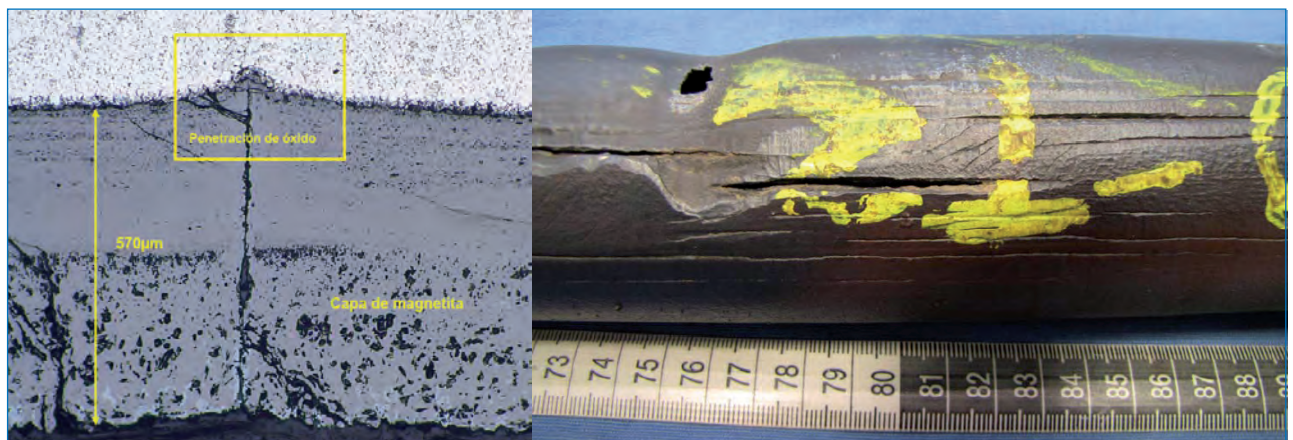


Fig. 6. Imágenes extraídas de ejemplo de Informe de Análisis Metalúrgico de Fallo de Tubo de Caldera.

operan a temperaturas superiores a 100°C, con objeto de modificar el tratamiento del agua de alimentación de acondicionamiento de todo volátil reductor (AVT(R)) a acondicionamiento de todo volátil oxidante (AVT(O)). Los dos grandes beneficios de esta actuación son la eliminación de la utilización de Hidracina (por su peligrosidad), sustituida habitualmente por Amoníaco (que ataca químicamente el Cobre causando arrastres hacia la caldera, siendo por ello fundamental la eliminación de las metalurgias mixtas), y la virtual eliminación de los lavados ácidos en las Revisiones de Grupo, debido a la mayor estabilidad de la película de óxido protector de los tubos de caldera.

### Programa de mejora de la química del ciclo

Los mecanismos de fallo influenciados químicamente son el principal problema en turbinas. En todo el mundo, los problemas asociados a la química del ciclo son los responsables de entre el 50 y el 70% de la indisponibilidad fortuita en las centrales térmicas convencionales (incluyendo ciclos combinados). Dichos problemas están asociados a fenómenos con un largo período de incubación que luego se ocultan en:

- Indisponibilidades fortuitas de varios equipos.
- Pérdidas de eficiencia en varios equipos.
- Pérdida prematura de vida útil de un componente (sustitución).

Por ello, ENDESA Generación adoptó la metodología del EPRI conocida como Programa de Mejora de la Química del Ciclo (PMQC o CCIP). Tras la formación de base y constitución de los distintos Grupos de Trabajo, se realiza un seguimiento semestral de la evolución en el ámbito de las reuniones

periódicas del Foro de Química. El EPRI realiza un seguimiento anual de los resultados obtenidos. Se detallan a continuación los resultados obtenidos hasta el momento. (La escala de valoración se observa en la tabla IV.)

### Conservación en paradas

Una protección inadecuada de los sistemas funcionales de un grupo térmico clásico o de ciclo combinado, junto con deficientes prácticas de arranque y parada de la instalación, puede originar los siguientes problemas:

- Pérdida de la estructura protectora de óxido, formada en las superficies, por donde circula agua y vapor durante la operación normal dando lugar a picaduras (*pitting*) y corrosión superficial general de los condensadores, desgasificadores, colectores, tuberías y en la turbina de vapor.
- Deposición de productos de corrosión en bombas de agua de alimentación, calentadores de agua, economizador y paredes de agua, orificios de evaporadores en circuitos de un solo paso, sistemas de purga y sobre las turbinas de vapor.
- Corrosión de la turbina en presencia de humedad, oxígeno y depósitos de sales, dando lugar a micropicaduras, a menudo precursoras de fallos futuros por Corrosión Fatiga (CF) y Corrosión Bajo Tensión (SCC).
- Exfoliación de óxidos en circuitos de vapor que originan erosión por partículas en turbinas de alta presión.
- Contaminación del ciclo agua-vapor por el equipo y material usado durante actividades de mantenimiento y el consiguiente incremento de consumo de vapor en arranque (fig. 7).

Por ello y por el impacto descrito en el mantenimiento de los activos de generación eléctrica, ENDESA Generación desarrolló una Guía Técnica de conservación en paradas y

TABLA IV

Central	Benchmarking EPRI 2005	Benchmarking EPRI 2006	Benchmarking EPRI 2007	Benchmarking EPRI 2008
C.T. As Pontes	8 (MB)	7 (MB)	3 (EX)	3 (EX)
C.T. Alcúdia II	11 (BU)	8 (MB)	5 (EX)	5 (EX)
C.T. Compostilla II	13 (BU)	12 (BU)	6 (MB)	4 (EX)
C.T. Litoral	6 (MB)	5 (EX)	5 (EX)	3 (EX)
C.T. Teruel	7 (MB)	6 (MB)	4 (EX)	4 (EX)
<b>Media</b>	<b>9,0 (MB)</b>	<b>7,6 (MB)</b>	<b>4,6 (EX)</b>	<b>3,8 (EX)</b>

EX - Excelente/Clase mundial ( $\leq 5$ ); MB - Muy bueno (6-10); BU - Bueno (11-15); MD - En la media (16-20); DM - Por debajo de la media ( $\geq 21$ )



Fig. 7. Ejemplos de deficiente conservación de un tubo de condensador y de una turbina de vapor.

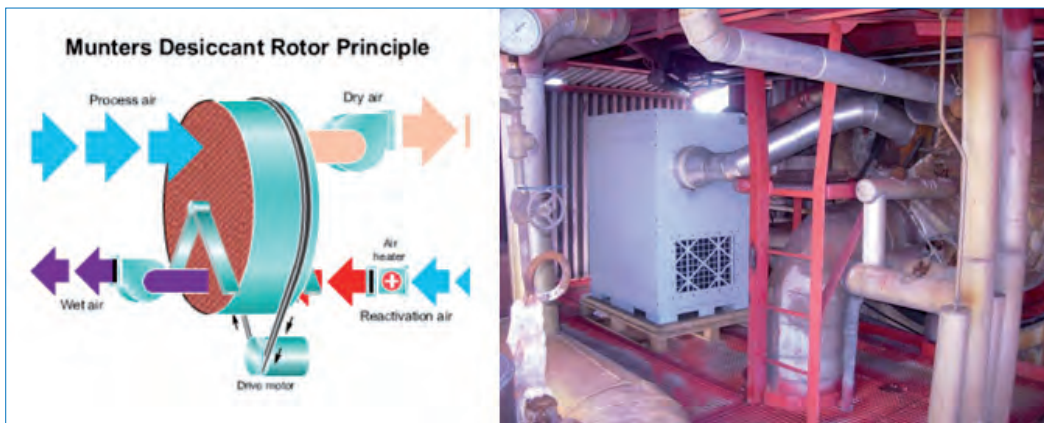


Fig. 8. Secadores regenerativos de aire (principio de funcionamiento y ejemplo de utilización).

realizó de manera centralizada inversiones en equipos de deshumidificación de aire, que permiten llevarla a cabo con el alcance adecuado. Estos equipos y la metodología desarrollada han estado ya en utilización durante algunos períodos recientes de parada de algunos Grupos generadores de algunas centrales (fig. 8).

Por su experiencia, ENDESA Generación colaboró activamente con el EPRI en el desarrollo de la guía EPRI 1014195 *Shutdown protection of steam turbines using dehumidified air*.

La potenciación del trabajo en equipo adviene de hacer trabajar a los químicos de las centrales como una comunidad, estudiando y desarrollando trabajo de gran valor para la compañía. Su interacción con Mantenimiento en la mejora del acondicionamiento químico del ciclo y en la conservación en paradas, juegan un rol fundamental en la prevención de averías, tanto en caldera como en turbina.

La mejora de eficiencia y de fiabilidad resulta de la mejor gestión de activos de las centra-

les, evitando la ocurrencia de averías de largo período de incubación pero de consecuencias económicamente importantes, como puede ser la sustitución prematura de algunos componentes críticos del ciclo (cajas de toberas de turbinas, ruedas Curtis, sobrecalentadores y recalentadores, etc.), acompañada, una vez más, de una reducción de paradas y arranques para reparaciones forzosas, un menor consumo de combustibles (auxiliar y principal) y un menor consumo de agua desmineralizada, ambos derivados tanto de no operar la caldera con pérdidas de agua o de vapor y de tener menos arranques, como también de no tener que invertir tanto tiempo en ajustar las propiedades del vapor en los arranques en frío.

### Utilización de técnicas de fiabilidad: RCM2 y RCS. Resultados en la gestión del mantenimiento y de los almacenes

Con el RCM2 (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) se optimizan las actividades de mantenimiento, realizando exclusivamente las tareas que son esenciales para evitar que se pueda producir una avería con una importante indisponibilidad comercial, además de evitar



# Eficiencia y fiabilidad en centrales térmicas

## Paulo Domingues Santos

situaciones de potencial peligro para las personas y para el medioambiente.

Se trata de una magnífica metodología para potenciar el trabajo en equipo, ya que los Grupos de Estudios son absolutamente multidisciplinares e involucran a personal de todas las áreas técnicas de las plantas.

Como consecuencia directa, pero no exclusiva, de la implantación de nuevos planes de mantenimiento optimizados por RCM2, la evolución del ratio mantenimiento proactivo (preventivo más predictivo) frente al total (excluyendo revisiones). Se muestra en la tabla V y las figuras 9 y 10.

En el mismo período, el número de órdenes de mantenimiento generadas a partir de planes optimizados mediante la aplicación de RCM2, mostrado en la tabla VI y figs. 11 y 12:

Con el RCS (Repuestos Centrados en Fiabilidad) se optimizan las existencias en almacén, evitando la posibilidad de que ocurra la falta de un repuesto, cuando el grupo se encuentra en servicio, que pueda conducir a una importante indisponibilidad comercial.

Se trata también de una magnífica metodología para potenciar el trabajo en equipo, ya que los Grupos de Estudios son absolutamente multidisciplinares e involucran a personal de todas las áreas técnicas de las plantas.

Como consecuencia tanto directa como indirecta, pero no exclusiva de este esfuerzo, la evolución del inventario y de la tasa de rotación de los almacenes de las centrales de ENDESA Generación en estos últimos años se observa en las tablas VII, VIII y en las figuras 13 y 14:

**TABLA V**

Años	Hh de Mantenimiento		Ratio	Variación
	Proactivo	Total		
2004	151.926,80 h	752.973,20 h	<b>20,2%</b>	<b>0</b>
2005	150.535,00 h	729.348,10 h	<b>20,6%</b>	<b>+ 0,4%</b>
2006	199.824,10 h	857.460,70 h	<b>23,3%</b>	<b>+ 2,7%</b>
2007	270.368,70 h	816.424,60 h	<b>33,1%</b>	<b>+ 9,8%</b>
2008	282.872,30 h	801.784,70 h	<b>35,3%</b>	<b>+ 2,2%</b>

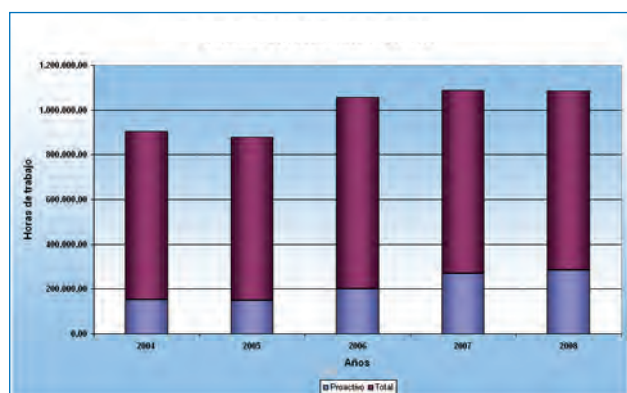


Fig. 9. Evolución del mantenimiento proactivo.

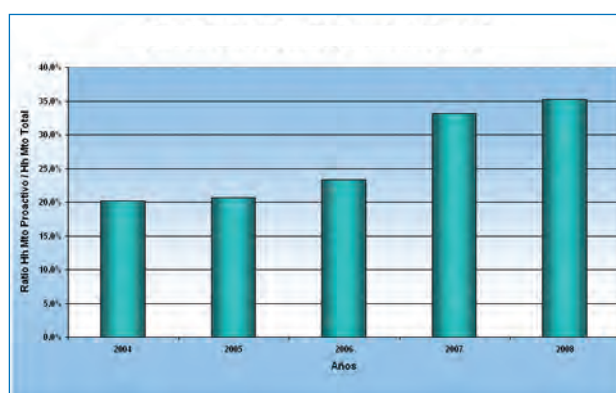


Fig. 10. Evolución del ratio de horas de mantenimiento proactivo.

**TABLA VI**

Años	Órdenes de Mantenimiento		Ratio	Variación
	RCM2	Proactivo Total		
2004	4.801	41.491	<b>11,6%</b>	<b>0</b>
2005	5.361	38.653	<b>13,9%</b>	<b>+ 2,3%</b>
2006	7.057	38.405	<b>18,4%</b>	<b>+ 4,5%</b>
2007	10.233	44.651	<b>22,9%</b>	<b>+ 4,5%</b>
2008	12.426	44.240	<b>28,1%</b>	<b>+ 5,2%</b>

# Eficiencia y fiabilidad en centrales térmicas

## Paulo Domingues Santos

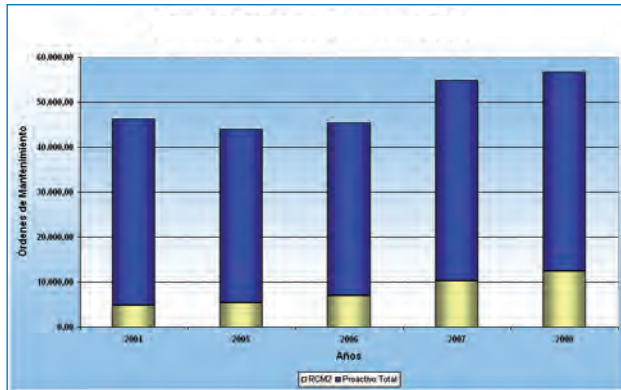


Fig. 11. Evolución de las órdenes de mantenimiento RCM2.

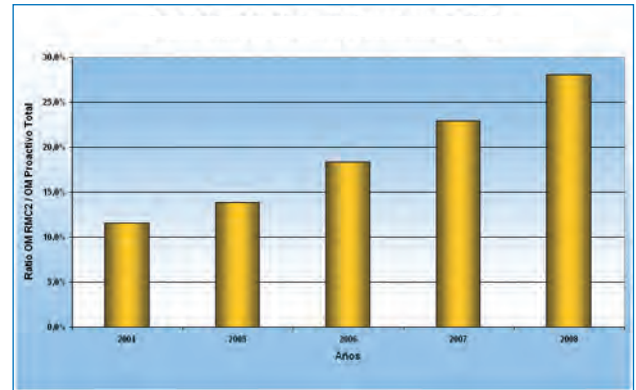


Fig. 12. Evolución del ratio de las órdenes de mantenimiento de RCM2.

TABLA VII

Años	Material general	Repuestos	Total	Variación
2005-2004	85.889,42	3.443.536,73	3.529.426,15	+ 4,7%
2006-2005	287.213,07	746.554,04	1.033.767,11	+ 1,3%
2007-2006	200.131,20	64.167,98	264.299,18	+ 0,3%
2008-2007	2.255.784,65	8.679.755,15	10.935.539,80	+ 13,7%

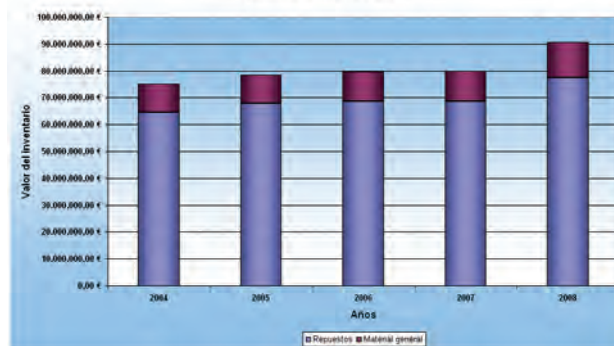


Fig. 13. Evolución del inventario.

TABLA VIII

Años	Material general	Variación	Repuestos	Variación
2004	85,2%	0%	14,6%	0%
2005	66,3%	- 18,9%	12,6%	- 2,0%
2006	66,2%	- 0,1%	19,8%	+ 7,2%
2007	83,3%	+ 17,1%	19,8%	0%
2008	65,0%	- 18,3%	14,0%	- 5,8%

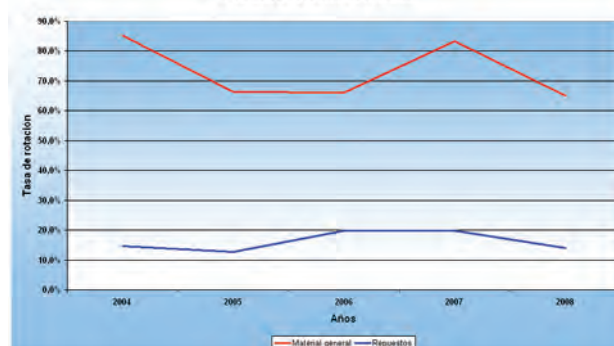


Fig. 14. Evolución de la tasa de rotación.

# Eficiencia y fiabilidad en centrales térmicas

## Paulo Domingues Santos

Es decir, controlando el aumento del inmovilizado en almacén a pesar de la fuerte subida de precios del metal experimentada en los últimos años. Esta situación ha cambiado en 2008, debido a la necesidad de aprovisionar repuestos para siete grandes Revisiones de Grupo (incluyendo conexión de nuevas plantas de desulfuración de gases de combustión, modernización de turbinas y transformación de calderas para quema de un combustible distinto) ocurridas entre 2008 y 2009, es decir un 41% de las Unidades de Generación en análisis.

Por otro lado, la tasa de rotación de material general está aún lejos del objetivo ideal de un 100%, pero la tasa de rotación de repuestos sigue estable, no denotando una escasez de inventario que podría hacer peligrar la disponibilidad de las unidades a que se destina.

*La potenciación del trabajo en equipo adviene de definirse un plan de mantenimiento compuesto por actuaciones preventivas, predictivas y de búsqueda de fallos (además de definirse rediseños para evitar situaciones potencialmente peligrosas para personas,*

*activos y para el medioambiente), y un stock estratégico de los repuestos que permiten evitar importantes indisponibilidades en caso de avería, en base cero, involucrando a personal de todas las áreas técnicas de una central.*

*La mejora de eficiencia y de fiabilidad es el resultado de utilizar mejor los recursos técnicos y económicos puestos a disposición de Mantenimiento, interviniendo sólo donde hace falta y cuando hace falta, previniendo averías con impacto en la disponibilidad total o parcial, o con impacto en la eficiencia del grupo, maximizando ambos.*

### Mejora de la disponibilidad de las Centrales

La consecuencia lógica de todas estas mejoras, potenciadas por el trabajo en equipo y por lograr alinear las distintas áreas técnicas y la logística de las centrales con el Proceso de Mantenimiento, mucho más allá del departamento, es una mejora de la disponibilidad de las centrales y también de su eficiencia; si bien, en este último caso y con todas las actuaciones de modernización y mejora que se han realizado, resulta muy difícil su cuantificación (tabla IX) (fig. 15).

TABLA IX

Año	Indisponibilidad			
	Fortuita	Variación	Programada	Variación
2004	4,49%	0%	6,57%	0%
2005	2,69%	- 1,80%	2,63%	- 3,94%
2006	3,58%	+ 0,89%	4,77%	+ 2,14%
2007	2,82%	- 0,76%	6,64%	+ 1,87%
2008	3,04%	+ 0,22%	8,25%	+ 1,61%



Fig. 15. Evolución de la indisponibilidad.

## CONCLUSIONES

Como se ha mencionado antes, en el actual contexto socioeconómico, donde los sectores más conservadores de la industria experimentan o han experimentado una fuerte reducción de ingresos y una importante reducción de su producción, resulta fundamental rentabilizar al máximo la ejecución de los presupuestos puestos finalmente a disposición de las plantas industriales para su mantenimiento, como consecuencia de la fuerte presión hacia, en primer lugar, la eliminación parcial o total de las inversiones singulares y, en segundo, hacia una fuerte reducción de las inversiones recurrentes y de los costes operativos que permita minimizar el impacto negativo sobre los márgenes del negocio.

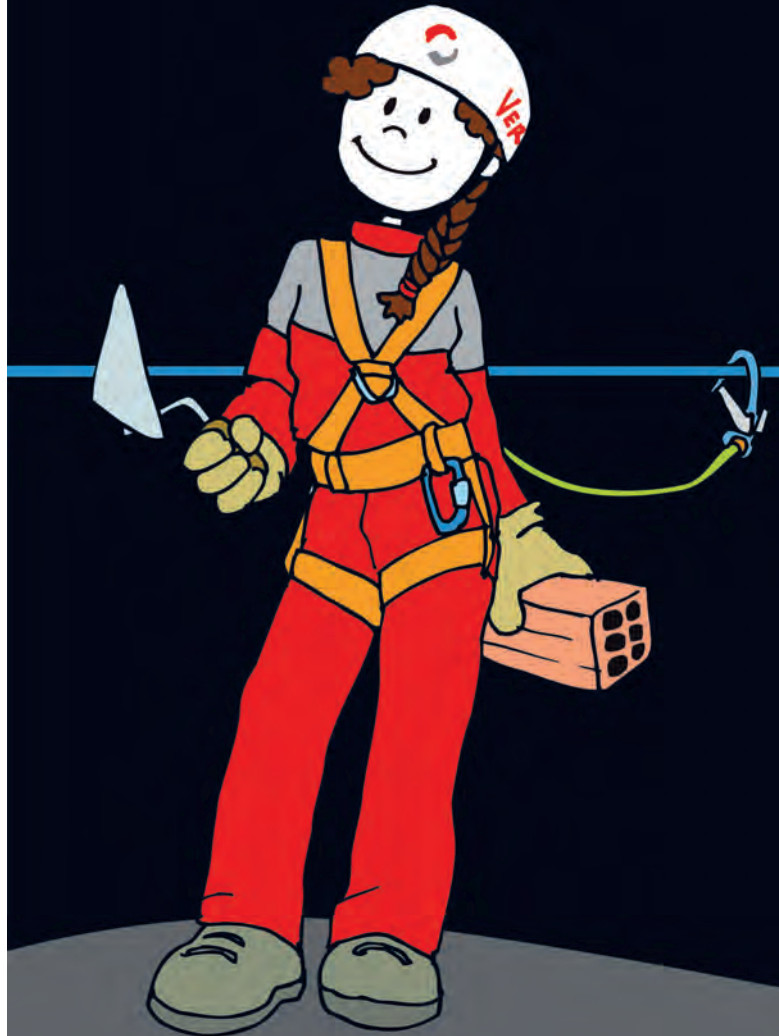
La experiencia de ENDESA Generación en el campo de la consideración del mantenimiento como un proceso mucho más allá de la visión clásica departamental, lejos de estar concluida o de ser perfecta, ha generado algunos logros, fundamentalmente a través de la potenciación del trabajo en equipo, involucrando varias disciplinas y las distintas áreas técnicas de una Central Térmica clásica de carbón. Esta experiencia se ha trasladado ya a otras tecnologías de producción eléctrica, si bien, por su organización intrínseca, resulta, a veces, más compleja la tarea de implantación.

Existe una fuerte convicción de que se trata de un magnífico camino a seguir, que ciertamente vale la pena. Se recomienda, sin embargo, promover el concepto y luego, poco a poco, pero de forma sistemática y con una consolidación en el tiempo, ir lanzando iniciativas que potencien el trabajo en grupo y la alineación con objetivos comunes, teniendo la lucidez y la prudencia de no desbordar el equipo humano lanzando más iniciativas de las que se pueden humanamente gestionar, para no generar una pérdida de credibilidad. Dichas iniciativas deben recibir apoyo de la jerarquía y además deben motivar también su interés continuado en el tiempo (es decir, disciplina), con el objeto de que con ello la organización finalmente las interiorice y las considere como suyas.

Con ello, se espera que el lector se haya podido llevar, por lo menos, alguna idea que le pueda ser de utilidad en el entorno industrial donde desarrolla su actividad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Domingues dos Santos, P. J.: Influencia del Mantenimiento en los resultados del negocio, 10as Jornadas sobre Mantenimiento en el Sector de la Energía. ENDESA Generación, S.A. Asociación Española de Mantenimiento, A Coruña, junio de 2007.
2. Rodríguez Lloret, M., Domingues dos Santos, P. J.: Acuerdos tecnológicos con proveedores estratégicos, 1er Foro Español sobre Conocimiento en Mantenimiento. ENDESA Generación, S.A. Asociación Española de Mantenimiento, Madrid, mayo de 2006.
3. Subdirección General de Producción: "Informe periódico del Proceso PO-10 - Planificar el Mantenimiento". ENDESA Generación, S.A. Diciembre de 2004 a diciembre de 2008.
4. Subdirección General de Producción: "Informe periódico del Proceso PO-11 - Programar y ejecutar el Mantenimiento". ENDESA Generación, S.A. Diciembre de 2004 a diciembre de 2008.
5. Subdirección General de Producción: "Informe periódico del Proceso PO-14 - Planificar las existencias y gestionar los Almacenes". ENDESA Generación, S.A. Diciembre de 2004 a diciembre de 2008.
6. Red Eléctrica de España, S.A.: "El sistema eléctrico español - Avance del informe de 2008". Diciembre de 2008.
7. Red Eléctrica de España, S.A.: "Informe del sistema eléctrico español". Años 2004, 2005, 2006 y 2007.
8. Comisión Nacional de la Energía: "Información Estadística sobre las Ventas de Energía del Régimen Especial" [publicación on-line de la CNE]. Abril de 2009.



Ejecución de obras

Líneas de Vida

A.T.L.A.S.  
Apoyo Táctico y Logístico  
Aplicado a la Seguridad

G.R.I.  
Grupo de Rescate Industrial



*Sedes en Oviedo, Barcelona y Puertollano*

VERTISUB BARCELONA: Av. Río Ripoll nº 19 Can Masach 08291 Ripollet (Barcelona)  
Tel. +34 93 594 20 90 Fax. +34 93 692 95 59  
vertisub@vertisub.com www.vertisub.com

VERTISUB CENTRO-SUR: Av. Europa Pol. Ind. La Nava-II  
Aptdo. Correos 240, 13500 Puertollano (Ciudad Real)