

HERRAMIENTAS PARA PONDERAR LAS CAUSAS DE PARADAS DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

INTRODUCCIÓN

Los equipos que forman parte del proceso que se lleva a cabo en una central termoeléctrica cubana después de años de explotación, se han visto afectados por el deterioro que trae consigo el trabajo a altas presiones y temperaturas. A esto se ha sumado la sustitución del fuel oil por el petróleo crudo cubano que tiene menor calidad y no fue el combustible para el cual se diseñó la planta.

Este cambio reporta un ahorro desde el punto de vista económico y forma parte de la estrategia del país de ir pasando paulatinamente todas las termoeléctricas a quemar muestras de petróleo crudo nativo, pero tiene como inconveniente que se incrementan las incrustaciones y las paradas por diferentes motivos, observándose un aumento de la energía indisponible en el período en que la planta ha estado quemando el petróleo crudo cubano.

Con este trabajo se hace un estudio de las paradas de una planta por diferentes causas, utilizando técnicas de control de la calidad.

METODOLOGÍA EMPLEADA PARA DETERMINAR LA INDISPONIBILIDAD DE LA PLANTA EN CUANTO A PARADAS POR FALLOS

La metodología que se presenta en este trabajo consiste en aplicar la técnica de Pareto a los disparos y limitaciones que se produjeron en el período en que la planta ha quemado petróleo crudo nacional y el análisis de las causas que lo han provocado por el diagrama causa-efecto.

Los diagramas de Pareto son gráficos de barras que se utilizan para representar el peso relativo de un fenómeno en estudio.¹⁻³ En el ámbito del control de calidad se usan para representar los defectos observados o sus causas. Dado que se representa gráficamente la importancia relativa de los defectos de calidad y de su origen, la principal utilidad de los diagramas de Pareto consiste en identificar rápida y sencillamente las fuentes del problema de calidad. Este gráfico se apoya en el llamado Principio de Pareto, que sostiene que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, solamente unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto. En otras palabras, se puede decir que aproximadamente el 20 % de los elementos son causantes del 80% del efecto

De la planta se obtuvieron los datos referentes a tipos de paradas con la energía indisponible⁴ en el período de enero a diciembre del 2003.

La planta no maneja el precio del megawatt (MW) generado, pues entrega la producción a la organización básica eléctrica (OBE) y es esta entidad la que la distribuye, por pertenecer todo a la Unión Eléctrica; a la hora de aplicar Pareto se asume como precio 0,17 dólares el MW,⁵ es decir, el cálculo del efecto económico se hace para lo que representaría dejar de ofertar esa energía al sector turístico en el horario pico.

Teresita Rodríguez Nogueira, Ingeniera en Control Automático, Asistente, Departamento de Química e Ingeniería Química, Universidad de Matanzas, Camilo Cienfuegos, Matanzas, Cuba
e-mail: Teresita.rodriguez@umcc.cu

Roberto Vizcón Toledo, Ingeniero Mecánico, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, Universidad de Matanzas, Camilo Cienfuegos, Matanzas, Cuba
e-mail: Roberto.vizcon@umcc.cu

José L. Ybáñez García, Ingeniero Mecánico Industrial, Asistente, Departamento de Química e Ingeniería Química, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Matanzas, Cuba
e-mail: Jose.Ybanez@umcc.cu

Recibido: Junio del 2005
Aprobado: Septiembre del 2005

Los datos de parada con su energía indisponible y su efecto económico en el período de enero a diciembre del 2003 se encuentran en el anexo 1.

Para calcular el efecto económico se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Efecto}_{\text{econ}} = \text{Energía}_{\text{indisp}} \cdot \text{pup}$$

$$\text{Pup} = 0,17\$/\text{MW}$$

donde:

$\text{Efecto}_{\text{econ}}$: Efecto económico (\$/h).

$\text{Energía}_{\text{indisp}}$: Energía indisponible (MWh).

Pup: Precio unitario del MW (\$/MW).

Después de haber obtenido el efecto económico de cada tipo de parada se organizaron de mayor a menor y posteriormente se realizaron los cálculos necesarios para la aplicación de la metodología. (Ver anexo 2.)

$$\% \text{ absoluto} = \frac{\text{Efecto}_{\text{econ}}}{\Sigma \text{Efecto}_{\text{econ}}} \cdot 100$$

Al aplicar Pareto se tiene que el 20 % del total de paradas representan el 80 % de las pérdidas económicas en cuanto a energía indisponible de la planta, estas paradas son:

1. Disturbios en el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) con un efecto económico de 8 973,19 \$/h.
2. Fuera de servicio (F/S) por ponchadura en caldera con un efecto económico de 8 052,59 \$/h
3. Disparo del bloque por incendio en cables con un efecto económico de 7 754,14\$/h.
4. F/S por alto consumo de agua de reposición con un efecto económico de 6958 \$/h.
5. F/S la unidad por pérdida de sistema de alimentación eléctrica SVS con un efecto económico de 3 759,26 \$/h.
6. Disparo por baja presión de aceite de regulación con un efecto económico de 3 582,54 \$/h.
7. F/S por bajo nivel del domo con un efecto económico de 2 715,8 \$/h.

Estos disparos representan un total de 41 796,16 \$/h de pérdida de energía que se le deja de entregar a los centros turísticos del país en horario pico.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

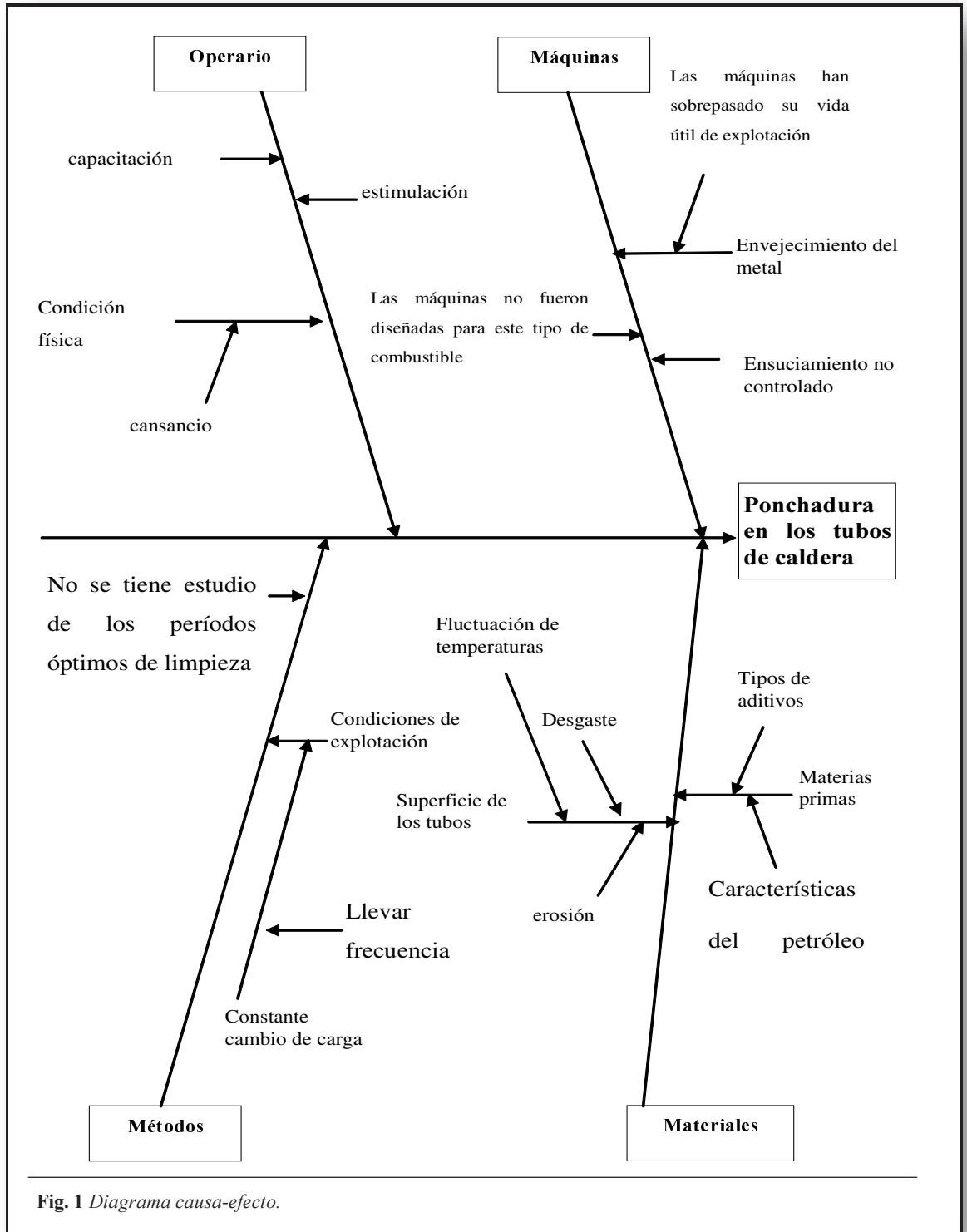
Como se puede apreciar en el resultado de la aplicación de la metodología de Pareto, las siete paradas de la planta que representan el 20 % del total de fallos y el 80 % de las pérdidas económicas, suman un total de 245 859,76 MWh de energía dejada de ofertar, lo que representa un efecto económico de 41 796,16 \$/h.

La parada que mayor efecto económico presenta es disturbios en el SEN, realmente esta parada no tiene que ver con las técnicas propias de la planta sino que es un factor externo, por lo que en un principio debía de haber sido eliminada. El tercer fallo por incendio en cables es un problema que no tiene que ver con el estado técnico de los equipos, puesto que es un factor casual que ocurrió en el período una sola vez, pero provocó un gran efecto económico por la energía dejada de ofertar.


Los fallos por ponchadura de caldera y fuera de servicio del bloque por alto consumo de agua de reposición, están muy relacionados, aunque la planta los tiene reportados por separado, pues la causa que ocasiona un alto consumo de agua de reposición puede ser provocada por ponchadura en caldera y por los excesivos sopleteos con vapor a que están sometidos los calentadores de aire regenerativos (CAR) y el resto del generador de vapor.

Para saber las causas que originan las ponchaduras de los tubos de caldera se aplicó la técnica del diagrama causa-efecto¹⁻³ basándose en una tormenta de ideas justificada por 10 operarios de la planta, como se observa en la figura 1.

Por experiencia de los autores y estudios realizados⁶ se puede enfatizar en que de todas estas causas las que más inciden en la ponchadura de los tubos es el trabajo con un combustible para el cual la planta no fue diseñada y el no tener un estudio de los períodos óptimos de limpieza.



CONCLUSIONES

En el presente trabajo se hace un estudio de las paradas de la planta en el período que se ha quemado petróleo crudo nacional y se determina por Pareto que las que mayor efecto económico reportan son la ponchadura de tubos de caldera y el alto consumo de agua de reposición, llegando a determinar por el diagrama causa-efecto las causas fundamentales que lo provocan. 

REFERENCIAS

1. CROSBY, PHILIP.: *Hablemos de calidad*. Editorial México, 1996.

2. **GALGANO, ALBERTO:** *Las siete herramientas de la calidad total*. Editorial Díaz de Santos, 1995.
3. **JURAN, JOSEPH M.:** *Manual de control de la calidad*, McGraw-Hill, 1993.
4. **Colectivo de autores:** "Estadísticas que lleva la CTE Antonio Guiteras sobre la energía indisponible en el año 2003", Folleto, 2003.
5. Colectivo de autores: "Tarifas eléctricas", Material elaborado para la asignatura Sistemas Eléctrico Industriales". Página web Facultad de Ingeniería Química Mecánica www.fiqm.umcc.cu/dptos/fisica/Colectivos/electrotecnia, 2002.
6. **RODRIGUEZ NOGUEIRA, T.:** "El enfoque de producción más Limpia en el mantenimiento predictivo de agregados del generador de vapor de centrales termoeléctricas," Memorias del Trabajo de Investigación en Tesina presentada por Programa de Doctorado en Gestión Ambiental y Desarrollo sostenible, Universidad de Girona, España, Julio, 2003.

ANEXO 1

Paradas de la planta en el período de enero a diciembre del 2003		
Tipos de fallos	Energía indisponible (MWh)	Efecto económico
F/S por alto consumo de agua de reposición	40 933,176 47	6 958,64
F/S por ponchadura en caldera	47 368,176 47	8 052,59
F/S por bajo nivel del domo	15 975,294 12	2 715,8
Disparo del bloque por tarjeta de regulación	5 085,294 118	864,5
Disparo del bloque por incendio en cables	45 612,588 24	7 754,14
Disparo por baja presión de aceite de regulación	21 073,764 71	3 582,54
F/S por rotura de tuberías de aire de regulación- válvula de vapor	3 276,882 353	557,07
F/S por flujo de aire menor del 25%	884,352 941 2	150,34
F/S cap 6y7	83	14,11
F/S por averías en cámara muerta inferior del horno	122 10	2 075,7
Disturbios en el SEN	52 783,470 59	8 973,19
F/S B. Circulación bajo vacío	13 473,882 35	2 290,56
Disparo del bloque por oscilaciones de voltaje	1 402,470 588	238,42
Disparo del bloque por tarjeta automática	2 006,352 941	341,08
F/S la unidad por pérdida de sistema de alimentación eléctrica SVS	22 113,294 12	3 759,26

Paradas de la planta en el período de enero a diciembre del 2003 (Continuación)		
Tipos de fallos	Energía indisponible (MWh)	Efecto económico
F/S por baja presión de aire de regulación	1 659,882 353	282,18
Disparo por talla de excitación	2 310	392,7
Disparo por vibraciones chumaceras # 4	1 082,352 941	184
F/S por piteras en línea AHP	3 346,176 471	568,85
Disparo por flujo de agua de enfriamiento incorrecto	1 287	218,79
Disparo por aumento de temperatura de excitación	1 465,176 471	249,08
Disparo por aumento de presión en el horno	3 993	678,81
Disparo por turbina por cambio de filtro de aceite girador GGR	1 386	235,62
Disparo por avería en la línea	327,647 058 8	55,7
Disparo por fuera de servicio los CAR agua en uno de ellos	930,588 235 3	158,2
Disparo de bloque por problemas en el automatismo	2 887,470 588	490,87
Disparo del bloque por vacío	1 072,470 588	182,32
F/S por pérdida de presión del sistema de agua de enfriamiento	1 171,470 588	199,15

ANEXO 2

Aplicación de la Metodología de Pareto para las paradas de la planta en el período en estudio				
Tipos de fallos	Efecto económico	% absoluto	Efecto económico acumulado	% acumulado
Disturbios en el SEN	8 973,19	17,18	8 973,19	17,18
F/S por ponchadura en caldera	8 052,59	15,42	17 025,78	32,60
Disparo del bloque por incendio en cables	7 754,14	14,85	24 779,92	47,45
F/S por alto consumo de agua de reposición	6 958,64	13,32	31 738,56	60,77
F/S la unidad por pérdida de sistema de alimentación eléctrica SVS	3 759,26	7,20	35497,82	67,97
Disparo por baja presión de aceite de regulación	3 582,54	6,86	39 080,36	74,83
F/S por bajo nivel del domo	2 715,8	5,20	41 796,16	80,03
F/S B. Circulación. Bajo Vacío	2 290,56	4,39	44 086,72	84,42
F/S por averías en cámara muerta inferior del horno	2 075,7	3,97	46 162,42	88,39
Disparo del bloque por tarjeta de regulación	864,5	1,66	47 026,92	90,05
Disparo por aumento de presión en el horno	678,81	1,30	47 705,73	91,35
F/S por piteras en línea AHP	568,85	1,09	48 274,58	92,44
F/S por rotura de tuberías de aire de regulación-válvula de vapor	557,07	1,07	48 831,65	93,50
Disparo de bloque por problemas en el automatismo	490,87	0,94	49 322,52	94,44
Disparo por talla de excitación	392,7	0,75	49 715,22	95,20