

FUNDAMENTOS PARA LA INTRODUCCION DEL RCM A LA INDUSTRIA AZUCARERA.

Ing. Segismundo Mojicar Caballero.
Centro de Estudios de Eficiencia Energética.
Universidad de Oriente.
Santiago de Cuba. Cuba.

Resumen

La industria azucarera cubana lleva a cabo un proceso de producción continuo durante unos pocos meses del año, por lo que sus indicadores cualitativos y cuantitativos resultan vulnerables a las fracciones de tiempo que se pierden como consecuencia de las interrupciones que tienen lugar durante cada zafra. Uno de los rubros de interrupciones que más afectan el desenvolvimiento de la zafra lo constituyen las roturas industriales.

La afectación que sufre la disponibilidad técnica industrial como resultado de las roturas de los equipos puede atribuirse a problemas relacionados con el desarrollo de mantenimiento planificado. Los datos de archivo de las últimas zafras en un ingenio permiten un estudio sistemático sobre los fallos de los equipos que más afectan la disponibilidad de la industria, las regularidades estadísticas de la evolución y surgimiento de los fallos, el compromiso fiabilidad-mantenimiento-producción, etc. Todo esto permite la corrección del mantenimiento actual.

El RCM (Reliability Centered Maintenance) es una de las tendencias de dirección del mantenimiento más atractivas de la actualidad. No en vano algunos autores lo clasifican como la tercera generación de mantenimiento.

El algoritmo de análisis que aquí se presenta responde al modelo conceptual del RCM, como una herramienta para la corrección de un sistema de mantenimiento en desarrollo. Tomando como factor de riesgo principal para este tipo de producción la indisponibilidad técnica, en este trabajo se exponen las etapas principales de la aplicación del RCM a las condiciones de la industria azucarera cubana y las consideraciones y métodos de su implementación.

Introducción

El tiempo perdido durante el proceso industrial de fabricación de azúcar ejerce una influencia negativa significativa sobre los indicadores generales de producción, tales como el aprovechamiento de la capacidad potencial, rendimiento industrial y recobrado.

El origen de las interrupciones industriales permite clasificarlas en los siguientes rubros:

- Interrupciones operativas: son las provocadas por las propias características tecnológicas del proceso de producción, la calidad de la materia prima y la disciplina de los operarios de fabricación.
- Mantenimientos: son las acciones de orden técnico necesarias para la conservación o restablecimiento de la capacidad de trabajo de los equipos de producción. Estos pueden clasificarse como:

- Mantenimientos planificados: se hacen con una periodicidad fija (cada 12 días) aprovechando una holgura del proceso de producción impuesto por la necesidad de limpieza de la flusería de los evaporadores.
- Mantenimientos no planificados: son acciones de reparación encaminadas a restablecer el funcionamiento de los equipos después de ocurrido un fallo.

La importancia del aprovechamiento máximo del tiempo disponible para la producción permite considerar al proceso de fabricación de azúcar como una producción tipo JIT. En estos casos el aseguramiento de una alta **disponibilidad** se convierte en el objetivo principal de todas las gestiones auxiliares del aseguramiento de la producción. La gestión de mantenimiento en sus diferentes aristas debe asegurar la **disponibilidad técnica** de las instalaciones y máquinas del proceso de producción.

Este trabajo está encaminado a la descripción de un algoritmo de análisis sistemático que, basado en el modelo conceptual del RCM (Reliability Centered Maintenance), permite detectar las fuentes principales de indisponibilidad técnica en la industria azucarera y reorientar las acciones de mantenimiento planificado para su reducción. Todo el proceso analítico está basado en los datos del ingenio “Paquito Rosales” de la provincia de Santiago de Cuba.

Ventajas del RCM para su introducción a la industria azucarera:

- Es un método de análisis que no destruye el mantenimiento en desarrollo, es decir, no se requiere de un cambio totalitario de la infraestructura actual.
- Favorece la integración interdepartamental y el trabajo en colectivo en el análisis de los fallos.
- Está dirigido a los equipos cuyos fallos resultan más impactantes sobre los factores de riesgos considerados como decisivos en el proceso de producción (en el caso de la industria azucarera se trata de la indisponibilidad técnica), por lo que los recursos se invierten en los sitios donde más se necesitan.
- El análisis está basado en un estudio inicial de las particularidades de cada industria y tipo de producción.

Esquema general para el análisis del mantenimiento en la industria azucarera:

El esquema de la Fig.1 muestra la secuencia de análisis del mantenimiento en la industria azucarera. Es importante señalar algunos aspectos generales:

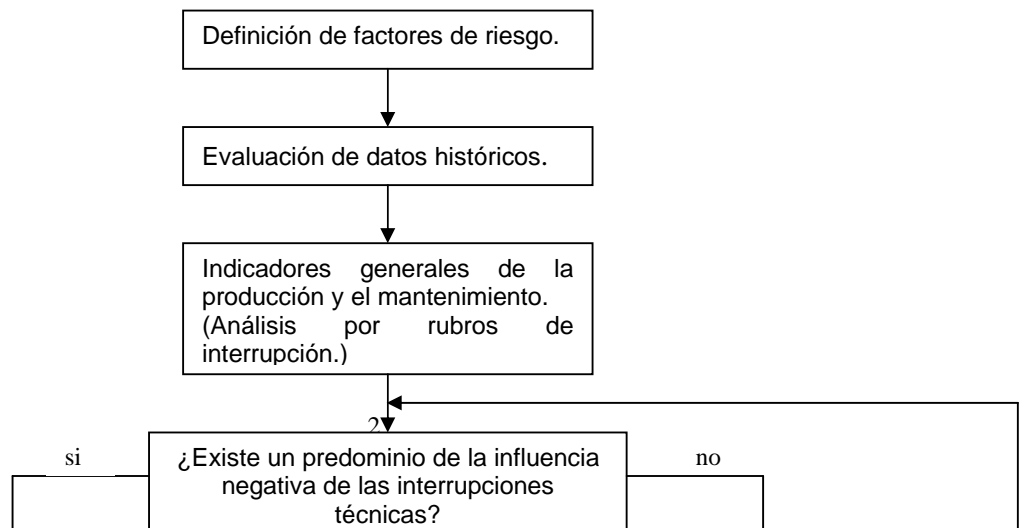


Fig.1 Esquema general de la secuencia de análisis para la corrección del mantenimiento.

- El punto de partida indiscutiblemente es un estudio de las condiciones de explotación, características del proceso productivo y definición de los indicadores que permiten evaluar el comportamiento deseado del funcionamiento de los equipos en correspondencia con las tareas que debe desempeñar.
- Preferentemente los indicadores que se empleen deben ser continentes de la relación causa-efecto de los eventos indeseables.
- Es importante definir si las afectaciones productivas se deben a asuntos de orden técnico (fallos) y si estas tienen solución mediante un mejoramiento del mantenimiento. Si no es así, será necesario rediseñar equipos o componentes hasta lograr los comportamientos requeridos por la producción.
- Se requiere de una base de datos históricos que permitan caracterizar la evolución y surgimiento de los fallos a través de determinados indicadores (frecuencia media de ocurrencia), medir sus impactos negativos sobre el proceso de producción y en general establecer el nivel de fiabilidad inherente al mantenimiento para que los equipos respondan a los intereses productivos. Sin una base de datos es imposible determinar medidas (indicadores) de fiabilidad [1][3].

**CORRECCION DEL
MANTENIMIENTO.**

3



Introducción del modelo conceptual del PCM a la industria empresarial

Fig.2 Etapas para la corrección del mantenimiento según el modelo conceptual del RCM y posibles soluciones que se derivan de su aplicación.

- Si las afectaciones productivas están asociadas a fallos de los equipos y se reconocen las deficiencias del sistema de mantenimiento en desarrollo, entonces se procede a la corrección del mantenimiento. Sobre una estructura de mantenimiento planificado en desarrollo, los problemas por los que este puede resultar ineficaz están asociados a: frecuencia incorrecta de las intervenciones planificadas o volumen insuficiente de operaciones durante cada intervención. En el diagrama de la Fig.2, aparece la secuencia de análisis para la corrección del mantenimiento a partir del modelo conceptual del RCM.
- La informática del mantenimiento debe ser actualizada y retroalimentar el proceso. En la Fig.1, se observa el carácter cíclico del proceso de análisis. Las mejoras del mantenimiento, así como en otros procesos de dirección, es un trabajo sistemático: “El mejoramiento del mantenimiento no es un destino, es más bien emprender un viaje...” [8].

Aplicación a la industria azucarera. Discusión de resultados.

El procedimiento descrito fue desarrollado con los datos de archivo del CAI “Paquito Rosales” en la provincia Santiago de Cuba, durante las zafras del período 1990-1998 [5][6].

Durante el análisis se ha tomado como indicador general para cuantificar la influencia del tiempo perdido, la indisponibilidad promedio (U) de la industria:

$$U = \omega(t) \times TMEI \quad (1)$$

donde: $\omega(t)$ es la frecuencia media con que se presenta determinado tipo de interrupción en un lugar dado de la industria y TMEI es el tiempo medio que dura esa interrupción en ese lugar de la industria. Obsérvese que es indicador es continente de la relación causa efecto.

De cada una de las etapas para la corrección del mantenimiento a partir del modelo conceptual del RCM (Fig.2) se puede concluir:

1. El sistema basculador-tandem hace una contribución a la indisponibilidad técnica industrial promedio por zafra en un 54% y en un 51% a la indisponibilidad industrial total. De hecho se puede señalar como la zona más crítica por el impacto de sus interrupciones sobre la disponibilidad.
2. El estudio de las regularidades estadísticas de surgimiento de los fallos se basa en la estimación de la función esperada de fallos, procedimiento este que resulta ideal en su aplicación a la industria azucarera pues permite directamente vincular cronológicamente los sucesos de fallos a los parámetros del mantenimiento actual (Fiabilidad Inherente al Mantenimiento).
Por un procedimiento de este tipo ajustado a una distribución de Weibull (Weibull Point Process) se determinó que, de 14 subsistemas en que fue dividido el sistema basculador-tandem, todos presentan valores del parámetro β ligeramente mayor que la unidad, lo que es índice de que existe una evolución de los fallos dependientes del tiempo precedente de trabajo, a pesar de la existencia del mantenimiento actual.
3. Haciendo un análisis posterior de los subsistemas componentes del sistema basculador tandem, se puede concluir que más del 65% del indisponibilidad de este sistema se debe a la influencia de sólo cinco de los subsistemas, los cuales resultan críticos tanto por el tiempo medio en espera de reparación (TMER) como por la frecuencia de sus fallos. Estos son: la estera elevadora, los juegos de cuchillas picadores, la batería de molinos, el accionamiento de los molinos y el rastrillo de bagacillo. Durante la aplicación del modelo conceptual del RCM estos componentes se denominan Artículos Críticos por Mantenimiento (ACM).
4. Conociendo el impacto de cada sistema de la industria sobre la indisponibilidad técnica promedio industrial y una medida límite para este indicador dado en la literatura especializada, es posible determinar el valor de indisponibilidad promedio límite que debe tener cada sistema y subsistema de la industria. La discrepancia que existe entre el valor actual de indisponibilidad técnica promedio y el que según normativas debe tener, da una medida de la debilidad del mantenimiento en desarrollo respecto a este indicador.
5. Se ha demostrado que la frecuencia del accionar preventivo es correcta desde el punto de vista que se realiza con suficiente tiempo de antelación al momento en

que como promedio por zafra ocurre el fallo potencialmente. Si se tiene en cuenta que el mantenimiento de la industria azucarera se realiza aprovechando una holgura tecnológica del proceso de producción (limpieza de la flusería de los evaporadores) y que un aumento de la frecuencia de mantenimientos planificados también resulta agresivo para la disponibilidad, las principales líneas de la corrección del mantenimiento deben dirigirse hacia un mayor control del cambio del estado técnico introduciendo tareas más efectivas durante cada intervención.

6. La corrección del volumen de operaciones durante cada intervención planificada de mantenimiento requiere de un análisis de los modos de fallos. Los procedimientos para este análisis son el resultado de la combinación de las matrices FMECA y RCFA. Estas herramientas de análisis permiten caracterizar los fallos y sus mecanismos de formación. El mantenimiento, pues, estará encaminado a la erradicación de sus causas y al control de su evolución.
7. De la aplicación de las matrices RCFA para los ACM se puede observar que existe un gran número de modos de fallos que son emisores de condiciones indicadoras de fallos incipientes o en evolución. Por eso la decisión de mantenimiento es la introducción de una rutina de inspecciones de condiciones y funciones con una alta frecuencia (3 veces al día) y con el equipo en funcionamiento (no afecta disponibilidad técnica). Estas inspecciones de condiciones permiten la detección del fallo y una mejor caracterización de su velocidad de evolución. Las decisiones que se derivan de las inspecciones pueden ser: acometer inmediatamente una reparación, postergar la reparación hasta la próxima parada eventual (por otra causa, como falta de caña) o hasta el próximo mantenimiento planificado.

Bibliografía consultada:

- [1] Dunn, Alexander: "Integrating RCM with effective planning and scheduling." West Australian Optimising Maintenance Conference. Perth, Australia, 1999.
- [2] Hosseini, Manou.: "Condition based maintenance and performance." Global Management Sciences Services. 1999.
- [3] Latino, Robert J.: "The essentials of conducting a successful RCFA." Paper Industry Management Conference. Atlanta, Georgia. 1998.
- [4] Latino, Kenneth C.: "Failures Modes & Effect Analysis: a modified approach." National Petroleum Refineries Association Maintenance Conference. Mayo, 1996.
- [5] MINAZ "Organización del Mantenimiento de la Industria Azucarera." Dpto. de Ingeniería en Mantenimiento. MINAZ. Tercer Encuentro Nacional de Jefes de Maquinarias. La Habana, 1974.
- [6] MINAZ "Datos de Archivo." Delegación Provincial. Santiago de Cuba, 1990-1998.
- [7] Morales Pita, Antonio: "Programación y Economía de la Zafra." Editorial Ciencias Sociales. La Habana, 1993.
- [8] Moubray, John: "Maintenance Management: a new paradigm." Aladon Ltd. References. Industrial Press. New York, 1997.
- [9] Netherton, Dana: "RCM tasks." Applied Technology Publications Inc. 1998
- [10] Netherton, Dana: "Standards to define RCM." Applied Technology Publications Inc. 1998.
- [11] Rausand, M.: "Reliability Centered Maintenance." Elsevier Science Ltd. No. 60. North Ireland, 1998.pp. 121-131.
- [12] Rausand, M. y Vatn, J.: "Reliability Centered Maintenance." Risk and Reliability in Marine Technology. Rotterdam/Brookfield, 1998. pp. 421-440.

[13] Ritchen, D; Cotaina, N. y otros.: "Application of Reliability Centered Maintenance in the Foundry Sector." Control Engineering Practice. Vol 3. No.7. Gran Bretaña, 1995. pp 1029-1034.

Segismundo Mojicar Caballero graduado de Ingeniero Mecánico en la Especialidad de Explotación y Reparación del Transporte Automotor en la Universidad de Oriente, en 1983. Desde su graduación ha trabajado como docente e investigador en la Universidad de Oriente. Ha trabajado en diferentes líneas de investigación propias su especialidad, específicamente las relacionadas con tareas de Mantenimiento y análisis de la Fiabilidad. Actualmente es jefe de la disciplina Explotación Técnica y Economía y se prepara para defender su tesis de doctorado.