Ingeniería Mecánica. Vol. 13. No. 3, septiembre-diciembre, 2010, p. 26-32 ISSN 1815-5944

Mejoras al programa de mantenimiento de máquinas deslodadoras para la extracción de aceite de palma

Jesús Cabrera - Gómez, Henry Araque - Rivas

Recibido el 3 de julio de 2010; aceptado el 7 de octubre de 2010

Resumen

La aplicación de nuevos enfoques de mantenimiento a partir de la identificación de oportunidades de mejora de la confiabilidad operacional y los elementos que la componen, es una necesidad para todas las organizaciones que pretendan incrementar sus indicadores de eficiencia. Las máquinas que son objeto de estudio en el presente trabajo, pertenecen a una importante empresa cuyo objeto es la extracción de aceite a partir de los frutos de la palma africana. Estas máquinas son atendidas, en teoría, a partir de un programa de mantenimiento preventivo que ha demostrado limitaciones, toda vez que la mayor parte de las intervenciones realizadas en los últimos años muestran un carácter eminentemente reactivo. A partir de la realización de un análisis en el que fueron establecidas las funciones, los fallos funcionales, los modos de fallo y sus efectos, se identificaron los requerimientos de mantenimiento de estas máquinas y las tareas necesarias para asegurar la continuidad de las funciones, las que se cocentraron en una propuesta de programa con marcada tendencia a las actividades proactivas.

Palabras claves: mantenimiento de equipos rotatorios, confiabilidad operacional, mantenimiento proactivo, estrategias de mantenimiento, confiabilidad operacional.

Improving the maintenance program of extracting fruit palm oil machines

Abstract

The application of new maintenance approaches related with operational reliability improvement and its elements is a necessity for all enterprises that intend to increase efficiency indicators. The rotating machines studied in this paper belong to an important plant that extracts oil from African palm tree fruits. These machines are submitted, in theory, to a preventive maintenance program, but actually the most of maintenance activities are reactive. An analysis in order to identify functions, functional failures, failure modes and failure effects was made. Maintenance tasks for assuring the continuity of functions were also identified and concentred in a proposal with a very proactive trend.

Key words: maintenance of rotating equipment, operational reliability, proactive maintenance, maintenance strategies, operational reliability.

1. Introducción.

El departamento de mantenimiento de una importante empresa que se dedica a la extracción de aceite a partir de los frutos que ofrece una variedad de palma africana, se ve obligado constantemente a actuar de manera reactiva sobre sus máquinas deslodadoras (se trata de centrífugas separadoras, utilizadas comúnmente en este tipo de industrias extractivas), las que en teoría cuentan con características de diseño y construcción que requieren de poco mantenimiento.

Adicionalmente, estos equipos vienen presentando desde hace algún tiempo, problemas de vibraciones, que se han atribuido, sin comprobación experimental alguna, a estados de desbalance, que son corregidos aplicando un simple tanteo de colocación de masas. Esta situación ha motivado la parada y cambio de algunos componentes con una frecuencia preocupante.

En la actualidad la empresa ejecuta un nivel de actividades proactivas muy bajo, que se reduce al recambio de partes a las 3200 h de funcionamiento, tomando como único criterio la sugerencia del fabricante. Esta forma de atender el mantenimiento de las deslodadoras no garantiza la disponibilidad necesaria en época de cosecha pico, lo que implica la necesidad de establecer nuevas actividades proactivas utilizando técnicas asociadas a las buenas prácticas de mantenimiento tendientes a lograr una mayor confiabilidad y disponibilidad de estos equipos.

2. Las máquinas deslodadoras y su contexto operacional.

La deslodadora es una centrifuga separadora de lodos (mezcla de agua, aceite y partículas sólidas), que ha sido diseñada para la recuperación del aceite de palma que se encuentra en las calientes aguas lodosas, procedentes del decantado primario. Sus características de diseño y construcción hacen que la máquina necesite poco mantenimiento y sus componentes pueden cambiarse fácil y rápidamente [1].

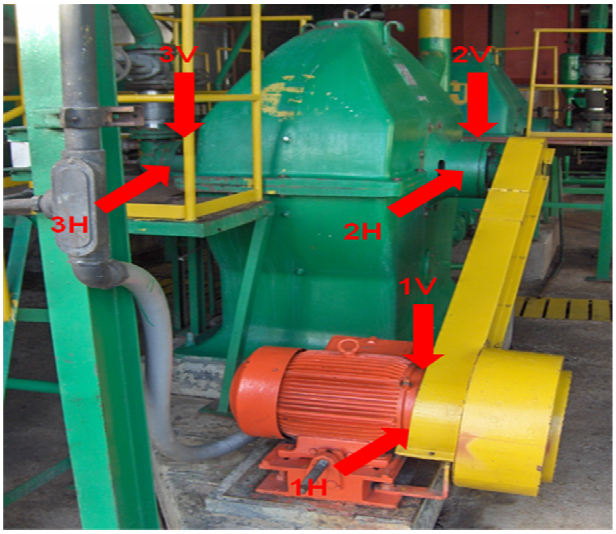

Figura 1. Máquina deslodadora y ubicación de puntos de medición de vibraciones.

El cuerpo de la máquina (ver Figura 1) está fabricado de hierro fundido y consta de dos partes, una inferior y otra superior. La parte inferior es sujetada a la base de concreto, ésta soporta al rotor e, internamente, tiene un canal para la descarga del agua residual. La parte superior está montada sobre la parte inferior y a su vez cubre la caja del rotor, en su parte superior tiene una boca de visita que permite inspeccionar las boquillas internas para realizar mantenimiento e indica el sentido de giro del rotor [3].

La caja del rotor está conformada por dos piezas de forma abombada de acero inoxidable, que constituyen la misma, en la cual se encuentran los rodamientos. Estos soportes están provistos de tapas para evitar la entrada de polvo. Una de las tapas está provista de un prensa estopa, enfriado por agua, que constituye el cierre entre el suministro de agua lodosa y el eje hueco (muñón). En el conducto que suministra el agua lodosa, se encuentra la tapa del soporte de los rodamientos, en el cual está montado un tubo de descarga de aceite recuperado, y el mismo puede incorporar agua caliente para realizar la limpieza interna de la máquina.

La mezcla de agua lodosa aceitosa caliente es impulsada bajo presión, por un conducto de suministro al centro del rotor en funcionamiento, que tiene forma de estrella con seis boquillas. Además de partículas de agua, arena y otras impurezas, el agua lodosa caliente que viene del tanque primario contiene aceite de

palma que debe ser recuperado. Con el rotor girando, lleno total, el agua lodosa caliente es sometida, por la acción de la fuerza centrifuga, a aceleraciones tanto axiales como radiales que producen la separación de las partículas sólidas y el agua, evacuándose el aceite a través del tubo de descarga.

La mezcla debe tener una temperatura promedio de 90 a 95 ºC para garantizar una buena separación y el caudal de mezcla que procesa el equipo está entre 5000 y 6000 l/h, dependiendo del diámetro de la boquilla.

El accionamiento está formado por un motor eléctrico acoplado a un embrague hidráulico, el cual transmite el movimiento por medio de cinco correas trapezoidales a la deslodadora. La velocidad de rotación está entre 1400 y 1450 r.p.m. con carga. Cuenta con una caja de protección eléctrica que evita cualquier sobrecarga, activa un sistema de alarma y luces indicadoras del funcionamiento una vez que haya ocurrido una parada por cualquier motivo. La mezcla de entrada requiere una composición volumétrica que debe estar controlada para asegurar la calidad del proceso y la salida de éste.

3. La estrategia actual de mantenimiento.

En la actualidad las actividades de mantenimiento aplicadas a las deslodadoras son básicamente reactivas. Se lleva un control de horas de funcionamiento y, una vez alcanzadas las 3200 h de operación, se realiza un reemplazo de aquellos componentes internos que presenten deterioro e igualmente un balanceo por tanteo del rotor si así lo requiere. El plan de mantenimiento del equipo en conjunto, considera la parte de control por separado. La información recabada por reparaciones realizadas es muy vaga y algunas averías ocurridas en varios equipos tienen diferencia de criterio, por lo tanto no existe uniformidad de la información. La recopilación de la información obtenida no permite con claridad determinar cual es el fallo más frecuente en los equipos.

Debido a la cantidad variable de fruta agrícola, estos equipos permanecen por varios meses trabajando continuamente y luego muy pocas horas, el resto del tiempo pueden estar parados por falta de la materia prima. Adicionalmente no cuentan con un plan de mantenimiento diseñado para el periodo de baja producción, que garantice la disponibilidad de los equipos para el período de cosecha pico.

4. Caracterización de la situación relativa a los fallos.

En la actualidad la empresa cuenta con seis deslodadoras, las cuales están sometidas a un régimen de funcionamiento variable que depende de la producción de fruta según la época, siendo mayor en los meses de Julio a Octubre y menor en los meses de Enero a Mayo. Para estabilizar la producción de fruta y consecuentemente la extracción de aceite en niveles altos durante todo el año, la empresa desarrolla en estos momentos un programa de resiembra y fomento de nuevas plantaciones. Se estima que este régimen de altas y bajas disponibilidades de frutas dure aproximadamente cuatro años y luego la producción se estabilizará.

En época de baja cosecha, cuando una máquina falla, independientemente del fallo ocurrido, el operador procede al arranque de otro equipo y luego realiza un análisis, para determinar por que falló el equipo que estaba en servicio. Como ya se explicó, en el futuro próximo quedará eliminada la redundancia temporal de equipos, incrementándose la necesidad de solucionar los fallos en el menor tiempo posible. En estas nuevas condiciones se pondrá de manifiesto con toda su fuerza la necesidad de pasar a una estrategia de mantenimiento fundamentalmente proactiva.

Recabada toda la información referente a los fallos, se procedió a realizar un análisis de la misma, para determinar cuales eran los fallos más frecuentes. En la Figura 2, se observa una distribución casi uniforme, que no permite determinar con claridad la ocurrencia de fallos predominantes en los equipos. Los fallos similares están desglosados con otros términos, no utilizando una uniformidad. En el historial suministrado no aparece con detalle el fallo presentado, la actividad realizada, el personal utilizado ni el tiempo de ejecución. Se requiere realizar una unificación de términos para facilitar la descripción del fallo ocurrido en varios equipos.

Otro elemento a considerar es que se cataloga como ¨fallos¨ a varias de las acciones correctivas ejecutadas. Esta forma de reportar las incidencias, además de no ser correcta y de no emplearse un lenguaje uniforme para reportarlas, no apunta a las causas de los fallos, lo que hace más largo y difícil el camino para su solución.

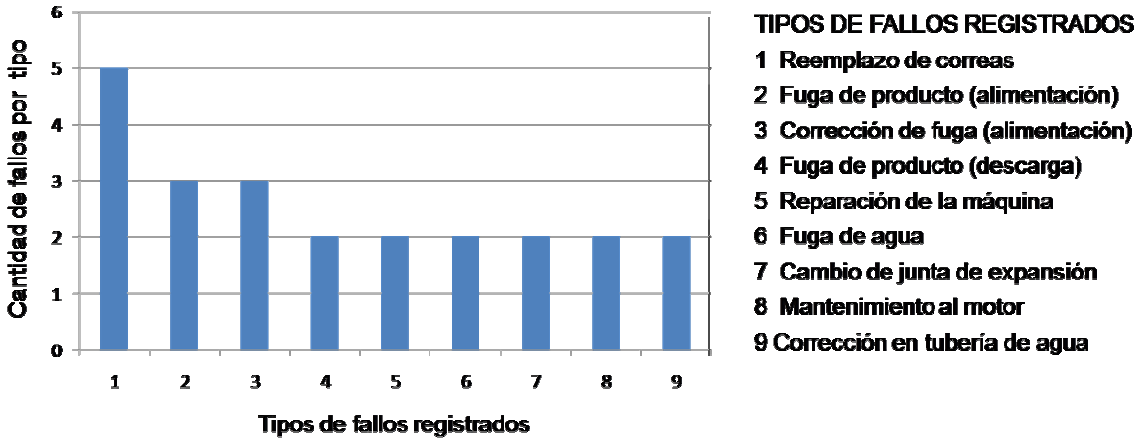

Figura 2. Distribución de fallos registrados en una de las máquinas.

Las deslodadoras vienen presentando desde hace tiempo ciertos problemas que provocan vibraciones que subjetivamente se han considerado excesivas, lo cual motivó que se realizara la contratación de los servicios a una empresa especializada para realizar tales mediciones. Estas mediciones fueron realizadas sobre los rodamientos de la deslodadora y el motor (ver puntos de medición seleccionados en la Figura 1).

Como resultado de las mediciones realizadas se comprobó que los niveles totales de velocidad de la vibración tenían niveles normales en correspondencia con lo indicado por la norma ISO 10816-1. Por otra parte, los espectros registrados no mostraron evidencias de desbalance, desalineamiento o algún otro problema mecánico relevante.

5. Identificación de oportunidades de mejora.

Con la información recabada y evaluada en relación con las actividades de mantenimiento que son ejecutadas, se observó que no existe una planificación de actividades proactivas específicas que permitan prevenir o predecir cualquier fallo funcional y garanticen la confiabilidad y disponibilidad requeridas para estos equipos. Además, la información sobre los fallos ocurridos no tiene un criterio unificado.

Es fundamental en toda empresa que las actividades de mantenimiento estén coordinadas bajo una unificación de criterios, ya que esto permite realizar evaluaciones de los fallos de una manera más rápida y efectiva para implementar programas de mejora en los equipos. Por eso, se trabajó en una propuesta que pretende incorporar mejoras en el programa de mantenimiento con actividades proactivas y unificar criterios sobre los modos de fallo para recabar una información más confiable y precisa, con la finalidad de mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de las deslodadoras [4], [7].

Para la mejor realización y comprensión del análisis de modos de fallo y sus efectos, la máquina deslodadora, que es el sistema a analizar, fue dividida en los siguientes subsistemas:

1. **Subsistema deslodador**. Comprende el cuerpo principal de la máquina en el que se ejecuta la separación de partículas sólidas y agua del aceite.
2. **Subsistema motriz**. Comprende el motor eléctrico y la transmisión por correas.
3. **Subsistema de control**. Comprende todos los dispositivos de control, tanto luminosas como guarda motor que garantizan la operación segura.
4. **Subsistema de alimentación**. Comprende la composición requerida para la mezcla de entrada.

Un aspecto clave que se tuvo en cuenta para la propuesta del nuevo programa de mantenimiento es la necesidad de conocer explícitamente las funciones de los equipos que se pretende atender. Definir correctamente las funciones y la identificación de las posibles formas de fallar de dichas funciones son premisas para analizar las causas o modos de fallo [2]. Por eso, en este caso se ha realizado el análisis de los modos de fallo y sus efectos a partir de la definición de las funciones y los fallos funcionales, todo lo cual sirve a su vez como información para estimar la importancia que debe darse a la atención de cada modo de fallo. Como resultado de este análisis se elaboraron hojas de información para cada subsistema contentivas de los aspectos mencionados.

El análisis anteriormente comentado es el resultado de la aplicación parcial de un proceso lógico que se puede establecer para tratar de determinar los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo físico [11], es decir:

1. Se han precisado las funciones de las deslodadoras, el nivel de rendimiento deseado y el contexto operacional en el que estas funciones deben cumplirse.
2. Se han determinado las formas en las que las desldadoras pueden dejar de cumplir sus funciones, o sea, se han identificado los posibles fallos funcionales.
3. Se han registrado todos los eventos que tienen alguna posibilidad de causar fallos funcionales, es decir; se han establecidos los modos de fallo.
4. Se han descrito, con detalle que cada caso haya requerido los efectos que trae consigo la ocurrencia de cada modos de fallo.

La fase siguiente del análisis consistió en precisar y seleccionar las tareas de mantenimiento que garanticen la continuidad de las funciones. Para efectuar el proceso de selección de tareas, se tomaron en cuenta los criterios de factibilidad técnica y sostenibilidad requeridos [6]. Analizada toda la información recabada para los cuatro subsistemas en los cuales fue dividida la deslodadora, se determinaron las actividades proactivas necesarias para ser incorporadas en el plan, las que se presentan en forma resumida en la Tabla No. 1, en la que se puede apreciar que existe gran variedad de actividades proactivas que deben realizarse en diferentes períodos de funcionamiento para garantizar la confiabilidad y disponibilidad de las deslodadoras. Se observa además que algunas de las actividades deberán ser ejecutadas por los operadores, por lo que ellos deberán ser convenientemente capacitados para que puedan asumir las nuevas tareas que se les asignarán como resultado de la próxima aplicación del programa de mantenimiento propuesto [5], [10].

Tabla No. 1. Plan de mantenimiento propuesto.

Descripción de actividad a realizar	Frecuencia	Ejecutante
Antes de suministrar aguas lodosas al equipo, debe incorporar primero agua caliente, para desalojar sedimentos acumulados una vez terminada su operación. Una hora después de arrancado el proceso realizar análisis de la mezcla de entrada según el procedimiento establecido.	Diario	Operador
Realizar análisis de la mezcla de entrada para conocer la composición y tomar acciones conjuntamente operador y control de calidad.	Diario	Operador
Revisar tensión de correas y ajustar si es necesario.	Semanal	Operador
Tomar lectura del amperaje en funciomiento bajo carga, y comparar con lectura anterior. Reportar sobrecarga.	Quincenal	Electricista
Verificar nivel de lubricante y suministrar si es necesario. Reportar sobrecarga en hidroflow y rodamientos del motor y la deslodadora.	Quincenal	Mecánico
Revisar bombillo en tablero de control y cambiar de ser necesario.	Bimensual	Electricista
Realizar mediciones de vibraciones, en los puntos seleccionados para ello. Informar niveles registrados.	Trimestral	Contratista
Ejecutar limpieza de componentes, con aspiradora y limpiador químico. Además ajustar contactos y control de roedores.	Trimestral	Electricista
Quitar boca de visita en la parte superior del armazón, para revisar empacadura y cambiar de ser necesario.	Trimestral	Operador
Comprobar la operatividad de la válvula y cambiar de ser necesario.	Semestral	Mecánico
Chequear empacadura y cambiar de ser necesario.	Semestral	Operador
Realizar mediciones de espesores, a distancia estimadas en tubería y accesorios según procedimiento establecido.	Semestral	Contratista
Chequear ajuste en perno de flanche y reemplazar de ser necesario.	Semestral	Mecánico
Comprobar estado físico de las correas y reemplazar de ser necesario.	Semestral	Mecánico
Realizar mega del estator.	Semestral	Electricista

6. Conclusiones.

Como aspectos conclusivos relevantes se plantean los siguientes:

1. Se elaboró y presentó una propuesta de programa de mantenimiento que tuvo en cuenta las insuficiencias y limitaciones del programa de atención actual, en el que una proporción muy alta de intervenciones de mantenimiento tiene carácter reactivo. Se identificaron importantes oportunidades de mejora que permiten presentar un programa de tareas con un carácter marcadamente proactivo.

2. Todas las tareas incluidas en el programa propuesto deben producir resultados tangibles, con impacto en la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas deslodadoras. Aunque la cuantificación real de la mejora en los índices de disponibilidad y confiabilidad se podrán conocer sólo luego de transcurrido un lapso de tiempo después de la implementación del programa propuesto, dada la eficacia que han presentado los enfoques de mantenimiento proactivos en máquinas rotatorias similares a las estudiadas en este trabajo, no hay dudas de que estos índices deben incrementarse apreciablemente [9].

3. La manera actual de reportar, registrar y atender los fallos es inadecuada y no contribuye a resolver definitivamente los problemas presentados, por cuanto no apuntan a las causas de los fallos. No se emplea un lenguaje único, lo que impide la identificación de recurrencias, dificultando además la gestión del proceso y la posible aplicación de otras herramientas de la Ingeniería de Mantenimiento.

4. A partir de la investigación realizada in situ con el personal de operación y mantenimiento, existe la percepción de que las máquinas sufren periódicamente de estados de desbalance, que son “corregidos” inadecuadamente sólo a partir de la búsqueda del punto pesado sin el auxilio de instrumentación alguna. Sin embargo, la realidad es que no se dispone de información experimental ni evidencia física suficiente para afirmar que la causa de los niveles de vibración excesivos que eventualmente presentan las máquinas es un estado de desbalance, lo que hace necesaria una investigación particular para atender este problema, que además no aparece reflejado, en ningún caso, en los reportes históricos consultados.

5. El procesamiento y análisis de la información relacionada con los fallos registrados evidenció un elevado por ciento de acciones de mantenimiento reactivas. Este análisis permitió establecer las principales limitaciones e insuficiencias de la estrategia de mantenimiento actualmente aplicada e identificar oportunidades de mejora que se reflejan en la nueva propuesta de programa.

6. La realización de un análisis de modos de fallo y sus efectos (FMEA), al que se le han incluido la definición de las funciones y los fallos funcionales, ha permitido disponer de una información actualizada sobre las máquinas y allanado el camino para identificar las tareas de mantenimiento necesarias.

7. Las tareas contenidas en la propuesta han sido seleccionadas a partir de criterios de factibilidad técnica y efectividad. Por otra parte, el hecho de que algunas de las tareas deban ser ejecutadas por los propios operadores incorpora elementos de mantenimiento autónomo característicos del Mantenimiento Productivo Total (TPM). La incorporación de estos aspectos a la estrategia propuesta permite afirmar que se están introduciendo técnicas que están en sintonía con las buenas prácticas de mantenimiento empleadas en la actualidad [8] y que resultan novedosas para el entorno de la empresa propietaria de las máquinas analizadas.

7. Referencias.

1. **AMARISTA, L.** *Revisión de operación y controles operativos de la centrifuga deslodadora AVM.* Marzo ed. 2002. Manual de operación.

2. **CABRERA GÓMEZ, J.** *Plataforma básica para un enfoque del mantenimiento centrado en la confiabilidad.* Junio ed. CEIM-CUJAE, 2003. Monografía.

3. *Catalogo de la máquina deslodadora.* Industrias AVM LTDA, 1990.

4. DÍAZ M., A. *Confiabilidad en mantenimiento.* Primera ed. Caracas: Ediciones IESA, 1992. ISBN 980-271-068-2.

5. **LEFLAR, J. A.** *Practical TPM. The Method for Success at Agilent Technologies.* January ed. 2001. [Consultado el: 30 de enero 2009]. Disponible en: http://www.tpmonline.com

6. **MOUBRAY, J. M**. *RCM II Reliability-centred Maintenance.* Second ed. Oxford, UK: Butterworth Heinemann, 1999. ISBN 0-7506-3358-1.

7. **MURILLO ROCHA, G.** *Plan de Implantación General del RCM* [Consultado el: 15 de marzo de 2009]. Disponible en: http://www.mantenimientomundial.com

8. **PUENTE, G.** *Introducción al mantenimiento productivo total.* 2005. [Consultado el: 4 de marzo de 2009]. Disponible en: http://www.tpmonline.com

9. **SOTUYO, S.** "Optimización integral de mantenimiento". *Revista Club de Mantenimiento.* 2002,vol 3, n°11. [Consultado el: 22 de febrero de 2009]. Disponible en: http://www.mantenimientomundial.com .

10. *TPM for every operator.* Japan Institute of Plant Maintenance, 1996. Shop floor Series. [Consultado el: 28 de enero 2009]. Disponible en: http://www.tpmonline.com

11. *US Army Corps of Engineers, Reliability Centered Maintenance (RCM) Guide* USACERL Technical Report 99/41, 1999. [Consultado el: 7 de octubre de 2008]. Disponible en: http://www.reliability.com

Jesús Cabrera - Gómez[1], Henry Araque - Rivas[2].

1. Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento. CEIM. Facultad de Ingeniería Mecánica

Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" – CUJAE

Calle 114 #11901 e/119 y 127. Marianao. La Habana. CP 19390. Cuba

E-Mail: jcabrera@ceim.cujae.edu.cu

2. Instituto Universitario de Tecnología Caripito. Estado Monagas. Venezuela.

Email: araquehenry@hotmail.com