

Indice de condición de motores

Mario Alberto Santamaría Sarmiento



El I.C.M. es una herramienta que se diseñó para establecer en qué condición se encuentra un motor respecto de su estándar, permitiendo pronosticar su vida remanente, facilitando la planeación de mantenimiento del motor, y permitiendo intervenir oportunamente.

Correjón es la operación de minería de carbón de exportación a cielo abierto más grande del mundo, localizada en la península y departamento de La Guajira, al noreste de Colombia. Los depósitos de carbón se encuentran en una extensión de 69.000 hectáreas. La capacidad actual de producción de carbón se estima en 22 millones de toneladas métricas por año. La vía férrea conecta la mina con el puerto de embarque, para transportar el carbón en trenes hasta de 120 vagones que se cargan en los silos mediante un proceso continuo. Puerto Bolívar es el terminal carbonífero más importante de América Latina y uno de los de mayor tamaño en el mundo. Está localizado 150 kms al norte de la mina sobre el Mar Caribe y recibe barcos hasta de 175.000 tons. de peso muerto.

La operación de 364 días al año y 24 horas diarias, produce diariamente cerca de 1,000,000 toneladas de material estéril y 60.000 ton de carbón. Genera alrededor de 4,000 empleos directos y 4000 contratistas. Consume 170,000 galones de diesel por día y 100,000 toneladas de material explosivo por año, y adquiere anualmente US\$ 130 millones en insumos

Su equipo mayor de minería está compuesto por más de 260 equipos mineros cuyas flotas principales son: 12 palas eléctricas, 15 palas hidráulicas, 9 Cargadores frontales, 178 camiones de acarreo, 60 tractores de oruga, 28 motoniveladoras, 16 tanqueros de agua para riego. Estos equipos usan motores diesel hasta de 2200 HP, obteniendo disponibilidades de hasta de 90% para algunas flotas y algunos han sobrepasado ya las 80.000 horas de operación. Realizar el mantenimiento para flotas tan numerosas como esas y en especial, el mantenimiento de sus motores diesel, es una labor bien compleja.

A pesar de las buenas rutinas de Mantenimiento Preventivo que se apliquen, se presentan fallas imprevistas que llegan a producir daños severos en el motor y en ocasiones hasta lo hacen irreparable. No obstante se usen herramientas físicas reconocidas universalmente para evaluarlos, se encuentra un factor grande de incertidumbre en el desempeño de tan importante componente.

En el sistema corporativo de Interfase Mantenimiento - Materiales (CMMS) existente en la compañía, se puede obtener información sobre la historia del motor, pero por ser una base de datos tan amplia, y por ser necesario invocar varias funcionalidades del mismo, el hacer una consulta de toda la historia de los motores resulta ser una labor que consume demasiado tiempo para los analistas.

Por los perjuicios que se causaban respondiendo a una serie de imprevistos, internamente en el departamento de Mantenimiento se hizo una solicitud para poder conocer con anterioridad y con una buena precisión, el momento en que un motor fallaría, para evitar que llegara hasta ese punto, y de forma que permitiera hacer una mejor planeación de la flota de Camiones de Acarreo. La estrategia de hacer más Trabajo Planeado, y la filosofía del Mantenimiento por Condición, respaldaron el desarrollo de una herramienta como el I.C.M. Este, no reemplaza las prácticas y herramientas de diagnóstico; es una aplicación que las complementa. Así, el reto fue el de desarrollar un método que permitiera cuantificar el deterioro al que se somete el

motor, desde su instalación en el equipo y durante todo su tiempo de funcionamiento, de forma que permita saber qué tan cercano se encuentra un motor respecto del fin de su vida útil.

Usando el concepto del Mantenimiento por Condición, se seleccionaron los 49 parámetros claves que informarían la condición de un motor a lo largo de su vida. Esos parámetros tienen que ver con : Análisis de Aceites Lubricantes del motor, Consumo de aceite, Consumo de Combustible, Reparaciones efectuadas "a bordo", Repuestos instalados desde la última reparación. Por ahora, no se incluyeron otros análisis importantes por no poder ser capturados con la frecuencia que se actualizan los seleccionados; p.ej.: Análisis de Vibraciones, Termografía, Prueba de potencia

Figura 1

Para el cálculo del ICM se emplea una formulación diagramada en la Figura 1, que incluye:

- Índice de condición anterior. Permite evaluar el motor respecto a su última calificación.
- Número de reparaciones realizadas que son muy relevantes.
- Índice de condición de aceite.
- Índice de Consumo de combustible
- Índice de Consumo de aceite
- Índice por los reportes de alarmas y OTs.

A intervalos fijos que coinciden con frecuencia del Mantenimiento Preventivo (M.P.), se calcula el I.C.M., basado en los parámetros monitoreados y la sucesión de estas calificaciones perfila una tendencia funcional que gracias a técnicas de extrapolación matemática permite de manera confiable predecir la vida del motor. Así, el I.C.M. es un parámetro que no depende de la vida del motor

Para obtener la información, el sistema consulta un reporte donde se establecen las fechas: de instalación del motor, de la última actualización del Índice, y cuando se realizaron los M.P.'s. Para este reporte, el Sistema de Información MIMS puede consultar hasta cerca de 3.200 Ordenes de Trabajo (OTs) para una flota.

El Índice de Condición de Aceites evalúa la condición del motor basándose en los análisis químicos realizados en el laboratorio, y se compone de tres evaluaciones:

1. Condición actual del aceite.
2. Condición histórica del aceite.
3. Condición de criticidad del aceite por concurrencia de varios parámetros fuera de límites.

Para una flota de camiones, el Sistema de información puede consultar mas de 42.000 registros.

En la tabla 1 se muestra parte de la historia de un motor evaluada por análisis de aceites, indicando los parámetros que han estado por fuera de los límites de precaución y de peligro para cada uno de los parámetros evaluados.

Tabla 1

Con los reportes suministrados en MIMS es posible establecer el consumo de aceite para un periodo determinado y para un equipo específico, permitiendo así establecer cuando y en qué cantidad excede el consumo aceptable para cada tipo de motor.

Similarmente, con el mismo tipo de reportes, se establece el consumo de combustible para un periodo y equipo determinados, permitiendo así conocer cuándo y en cuánto excede el consumo aceptable establecido para cada tipo de motor. Siendo este parámetro uno de los más significativos del deterioro del motor, es cuidadosamente analizado.

Para conocer estos consumos, el Sistema de Información consulta cerca de 44.000 suministros

Según la alarma presentada o el síntoma reportado, el Sistema identifica las Ordenes de Trabajo más representativas y les asigna un valor según su importancia. Para esto, el Sistema consulta cerca de 1.800 OTs para una flota

En cuanto a las reparaciones, mediante el análisis de costos por orden de trabajo se obtiene una idea de la magnitud de la reparación realizada. En una flota evaluada, el Sistema consultó cerca de 15.000 OTs de reparaciones.

Para el cálculo de las ecuaciones que pronostican la vida esperada del motor se utilizaron técnicas de extrapolación matemática utilizando tres tipos de ajustes: Lineal, Polinómico de grado 2 y Polinómico de grado 3.

Con las ecuaciones obtenidas se predice el tiempo de vida del motor. Con los motores evaluados durante la fase de desarrollo del I.C.M. se obtuvo que la predicción más acertada tuvo una precisión de 0.59%, y la menos acertada, 9.55%, respecto de la vida útil real del motor.

Así, el I.C.M. es entonces una herramienta que se diseñó para establecer en qué condición se encuentra un motor respecto de su estándar, permitiendo a través de un modelo matemático pronosticar su vida remanente, facilitando la planeación de mantenimiento del motor, y permitiendo intervenir oportunamente. Arbitrariamente se decidió que sería igual a 1 cuando su condición es estándar (es decir cuando está nuevo), e igual a 0 cuando haya llegado al fin de su vida útil.

Para facilitar el cálculo del índice, se desarrolló una aplicación en Visual Basic. Con solo dar "click" se ejecutan las macros sin que el usuario tenga que realizar ningún cálculo, y aparecen una hoja de análisis gráfico y se genera un archivo clasificando todos los motores de una flota. Para su cálculo no se necesita tener bases matemáticas, y transcurren menos de 30 segundos.

Para facilitar la consulta y el procesamiento de la información, está en desarrollo un reporte a través del SISTEMA DE INFORMACIÓN GERENCIAL (SIG)

En la gráfica 1, se ve cómo con base en las predicciones hechas por los tres tipos de extrapolación, el motor que mostró un deterioro muy uniforme, sí se removió a tiempo mediante una predicción muy acertada.

Gráfica 1

Durante la fase de desarrollo del I.C.M se evaluó un motor ya removido para entonces, con la información existente en el sistema y como se ve en la gráfica 2, con base en las predicciones hechas por los tres tipos de extrapolación, el motor no se removió a tiempo, y aunque opero unas horas mas de lo pronosticado, rompió el bloque por lo cual la reparación fue mas costosa que si se hubiera podido remover oportunamente en caso de que el I.C.M. ya hubiera estado disponible.

Gráfica 2

En la gráfica 3 se ve que con base en las predicciones hechas por los tres tipos de extrapolación, el motor también removió a tiempo mediante una predicción muy acertada. Este muestra un deterioro acelerado en la segunda mitad de la vida, tal que de haber usado el I.C.M. durante su tiempo de operación, se debería haber intervenido entre las 8 y 10 Khrs., pues su vida resultó recortada.

Gráfica 3

La tabla 2 muestra un resultado de cuando se hace la evaluación de los motores de una flota específica, y en esa clasificación se muestran las vidas remanentes, lo cual permite con gran facilidad para el planeador decidir las acciones propias de mantenimiento y determinar el momento y el orden en que los debe remover del equipo antes de que fallen.

Tabla 2

Por las bondades que el I.C.M. ha mostrado, se decidió desarrollarlo para otras flotas, teniendo actualmente un cubrimiento amplio para los principales equipos mineros principales como: Camiones de 240 Toneladas , Camiones de 170 Toneladas, Camiones de 240 Toneladas, Cargadores Frontales, Palas Hidráulicas, Equipos Auxiliares, Tractores de Oruga, Tractores de llantas, Tanqueros, Motoniveladoras.

No obstante la amplia base de información que usa el I.C.M., se han propuesto diseñar una solución que le permita nutrirse de la información proveniente del Sistema de Signos Vitales (Monitoreo en Tiempo Real) que poseen los camiones de 240 Toneladas, haciéndolo mucho mas preciso. Igualmente, ingresar la información que provenga del Diagnosticador de Motores recientemente adquirido, el cual analiza el motor con base en Análisis de Vibraciones, Ultrasonido de Alta Frecuencia y Presión de cada cámara de combustión. También se planea con la información proveniente del I.C.M., retroalimentar las rutinas de mantenimiento desarrolladas con base en el R.C.M. (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), y en su software de apoyo: RCMCost.

Cerrejón, igualmente ha hecho unos desarrollos relacionados como el Indice de Condición Estructural I.C.E. que está funcionando hace varios años en la mayoría de las flotas principales.

En el año 2002 se desarrolló también el Índice de Transmisiones principales de equipos mineros mayores, basado en Análisis de Vibraciones. Por otra parte, hay planes para desarrollar el "Índice Total de Equipo", que incluya aparte de los mencionados, el Índice de Sistemas Hidráulicos, el de Sistemas Eléctricos, etc.

BENEFICIOS

Con el uso del I.C.M., se pueden obtener importantes beneficios que podríamos resumir en:

- Reducción de costos en cambio por condición de motores, al hacer las reparaciones menos costosas, cuando se remueve el componente en el momento mas apropiado, y haciéndolo antes de que se produzcan daños severos en sus partes.
- Aumento de disponibilidad de equipos haciendo mas mantenimiento planeado.
- Mayor vida útil de motores, al poder aplicarle acciones oportunas cuando se detecta una degradación acelerada en el desempeño.
- Reducción de horas hombres requeridas para el mantenimiento de la flota, haciendo mas mantenimiento planeado.
- Mejor planeación en el suministro de motores por parte del taller de Reconstrucción
- Anticipación a la ocurrencia de fallas severas en los motores.
- Extender la vida del motor al permitir diagnosticar oportunamente y con mayor precisión su estado actual, tomando correctivos apropiados en el momento adecuado.
- Oportuna toma de decisiones de planeación, en las acciones de mantenimiento a ejecutar, incluyendo los planes de reposición y rotación de componentes.
- Reducción de horas hombres requeridas para el mantenimiento de la flota, al eliminar las labores de remolques de equipos que salen de servicio inesperadamente en el campo, y al tener que intervenirlos demasiado.
- Ahorro de tiempo de planeadores, supervisores y analistas, optimizando las labores de mantenimiento.
- Medir con mas precisión el desempeño de los motores y sus componentes a lo largo de su vida, y conocer el estado de un motor.
- Capturar todas las ventajas que brinda el Mantenimiento por Condición.

Este desarrollo "hecho en casa", es una herramienta que puede tener amplia aplicación en la industria en cualquier operación relacionada con el mantenimiento de Motores Reciprocantes, y se apoya en los conceptos del Mantenimiento Por Condición, cuyos beneficios son bien reconocidos.

Mario Alberto Santamaría Sarmiento Ingeniero Metalúrgico, Ingeniero Industrial, Diplomado en Gestión del Recurso Humano, Especialista en Gestión Gerencial, Especialista en Finanzas, Especialista en Gerencia de la Calidad. Actualmente está cursando la Especialización de Gerencia de Recursos Humanos. Profesionalmente ha desempeñado los siguientes cargos: en Avianca, Ingeniero de Ensayos No Destructivos y Jefe de Ingeniería Estructuras de Aviones; en Aeroejecutivos, Subdirector Técnico; en Tecnicontrol, Ingeniero de Ensayos No Destructivos, y Supervisor de Inspección Radiográfica de Oleoductos; en Intercor-Cerrejón, Supervisor de Soldadura, Analista de Ingeniería de Mantenimiento, Analista Técnico del Departamento de Mantenimiento, Supervisor de Inspección y Tecnología, y actualmente está asignado al Grupo de Reingeniería de Procesos. Para Contactar al Autor del artículo: Mario Alberto Santamaría Sarmiento. Teléfono Oficina: (57) 0_5 3505589. Dirección Oficina: Apartado Aéreo 52499. Barranquilla. Dirección electrónica: mario.santamaria@cerrejoncoal.co