

# Centrífugas montadas en equipos controlan contaminantes de los aceites lubricantes y reducen costos

Por: Scott Rodibaugh,  
Chief Engineer, Glacier  
Purification Systems.

## Resumen

Muchos sistemas aplicados a equipos pesados de potencia requieren un control de los contaminantes en los fluidos para asegurar un funcionamiento largo y confiable. Se ha empleado una variedad de maneras de separar la suciedad del aceite: a principios del siglo pasado, los lubricantes del motor se bombeaban sin filtrar desde el cárter a los cojinetes; a medida que se redujeron las holguras de diseño de la máquina y se mejoraron los diseños de aditivos para el aceite, se introdujeron "barreras" de suciedad. En primer lugar se instalaron pantallas metálicas limpiables y después filtros de algodón desechables y plisados. Los avances de diseño de medios permiten un mayor control de partículas más pequeñas, pero la caída de presión de fluido y la frecuencia de servicio dificultan el control más estricto de los abrasivos en los fluidos.

Desde finales de la década de 1940, la centrífuga a presión (pressure-powered centrifuge, PPC) ha proporcionado una opción distinta a las tecnologías de barrera para separar los abrasivos de los lubricantes. El elemento de funcionamiento clave de la PPC es un recipiente lleno de aceite (turbina) que gira a velocidades que crean una fuerza de más de 2,500g<sup>1</sup>, lo que permite capturar partículas menores a 0,2  $\mu\text{m}^2$ ; la gran área de superficie interna del recipiente significa que las cargas acumuladas de la suciedad pueden exceder fácilmente 1,250 gramos durante el servicio normal

en las aplicaciones donde los filtros de barrera tradicionales experimentarían el bypass completo (e inseguro) del fluido a menos de 80 gramos de la carga de la suciedad<sup>3</sup>. Estos rasgos operacionales de las PPC resultan en aumentos probados en la vida de los componentes y la extensión en los intervalos de servicio del aceite lubricante.

Este trabajo técnico explorará las aplicaciones de minería representativas de la PPC, su diseño básico y función, la experiencia de aplicación de OEM de motores y luego detallará historias de desempeño de campo de la PPC como experiencias en un sistema hidráulico de camión minero, un motor diésel de camión minero y una trituradora de mineral que lleva el

## Abstract

*Many systems applied to power heavy equipment require control of fluid contaminants to ensure long and reliable operation. A variety of ways to separate dirt from oil have been employed: early in the last century, engine lubricants were pumped unfiltered from the crankcase to bearings; as machine design clearances were reduced and oil additive designs were improved, dirt "barriers" were introduced. Cleanable metal screens were first installed and then later, disposable cotton and pleated media filters. Media design advances allow increased control of smaller particles, but fluid pressure drop and service frequency hinder tighter control of fluid abrasives.*

*Since the late 1940's, the pressure-powered centrifuge (PPC) has provided an option distinct from barrier-type technologies for separating abrasives from lubricants. The key operating element of the PPC is a oil-filled canister (turbine) rotating at speeds that create in excess of 2500 g-force<sup>1</sup>. Forces this large trap debris smaller than 0.2 $\mu\text{m}^2$ ; the large internal surface area of the canister means accumulated dirt loads can easily exceed 1250 grams during normal service on applications where traditional barrier filters would experience complete (and unsafe) fluid bypass at less than 80 grams dirt load<sup>3</sup>. These PPC operational traits result in proven increases in component life and extension in lube oil service intervals.*

*This technical paper will explore representative mining applications of the PPC, its basic design and function, the application experience of engine OEM's and then detail field performance histories of the PPC as experienced on a mine truck hydraulic system, a mine truck diesel engine, and on an ore crusher bearing lube circuit. Lab analysis methods to detect key fluid traits and assessing contaminant condition will be discussed.*

*Hundreds of field validations have proven the PPC can extend lube life from 60 to 100%, using oil chemistry assessment. Lab and customer data shows that a pressure-powered centrifuge reduces net oil abrasives by such a degree that in engines, wear life of tight-clearance components like rings and cams is significantly improved and wear rates as indicated by suspended iron is cut in half<sup>4</sup>.*



Figura 1.

circuito de lubricación. Se discutirán los métodos de análisis de laboratorio para detectar los rasgos clave del fluido y evaluar la condición del contaminante.

Cientos de validaciones de campo han demostrado que la PPC puede extender la vida del lubricante del 60 al 100%, usando la evaluación química del aceite. Los datos del laboratorio y de los clientes muestran que una centrífuga de presión reduce los abrasivos netos de aceite de tal manera que en los motores, la vida útil de los componentes como anillos y levas mejoran significativamente y las tasas de desgaste debidas al hierro suspendido se reducen a la mitad<sup>4</sup>.

### Principales aplicaciones

Una experiencia típica de la amplia aplicabilidad de la PPC es proporcionada por un cronograma de instalación en una compañía minera internacional de minerales. Ellos instalaron primero la centrífuga en motores diésel de 2,400 hp (1,790 kW) que accionaban volquetes de 200 ton (181 toneladas métricas)<sup>5</sup>; la extensión de la vida del aceite del motor fue impresionante, así que la mina aplicó una centrífuga más pequeña a un circuito de enfriamiento hidráulico del freno. Cuando esto produjo un ahorro de costes inmediato<sup>6</sup> (el personal de servicio evitó costosas paradas no programadas de servicio de filtro), el equipo técnico, dijo, "tenemos vida corta en nuestros lubricantes usados en los diferenciales traseros y los lubricantes sintéticos son caros". El gran volumen de desechos altamente metálicos atrapados en la centrífuga aplicada al primer

tren de engranajes diferencial originó un intenso estudio en curso para establecer una extensión práctica del intervalo de servicio de este lubricante sintético. En todas estas aplicaciones el filtro de medios de flujo completo de la OEM permaneció en su lugar.

Cada pieza de equipo de minería tiene superficies lubricadas afectadas por la "reacción en cadena de desgaste". Como resultado, la acción de limpieza de la centrífuga a presión garantizará una vida útil prolongada a componentes tan diversos como cojinetes, bombas, turbocompresores y anillos de pistón 7 (ver Figura 1).



Figura 2.

Los propietarios de maquinaria pesada encuentran otras aplicaciones de equipos para esta PPC para limpiar abrasivos finos de los sistemas de lubricación:

- Motores diésel (4 ciclos) en grupos electrógenos, para instalaciones eléctricas remotas<sup>8</sup> (ver Figura 2).
- Circuitos hidráulicos de lubricación de cojinetes de chancadoras, atrapando cantidades impresionantes de roca muy fina
- Motores diésel (4 ciclos) en camiones de carretera, extendiendo los intervalos de cambio de aceite.
- Motores diésel (2 ciclos) en locomotoras de ferrocarril, extendiendo la vida del turbo y del conjunto de potencia.

### Diseño de la centrífuga a presión

La centrífuga a presión (ver Figura 3) explorada en este documento es en la mayoría de los casos alimentada por el flujo de aceite bajo presión del circuito de fluido que se está limpiando: dentro de la centrífuga, el aceite es drenado a través de chorros opuestos en la base de un recipiente, conocido como una turbina, que se apoya en cojinetes lisos (ver Figura 4). Toda la serie de PPC está diseñada para lograr una fuerza centrífuga en el borde del recipiente superior a 2,500 veces la de la gravedad. Esa fuerza separa continuamente un anillo creciente de suciedad que se deposita sobre el diámetro interior del recipiente<sup>9</sup>.

En la PPC, la fuerza centrífuga separa las partículas sólidas y los lodos de los aditivos de aceite usados, siempre que los dos tengan densidades diferentes, lo cual es casi siempre el caso. Los subproductos lubricantes típicos de la combustión tienen una densidad 70% mayor que el aceite lubricante y los abrasivos y desgaste de los metales presentes en los lubricantes del motor van desde cuarzo (arena) a 2.6 al hierro a 7.8. Para cualquier componente lubricado, la centrífuga atrapa contaminantes de una amplia gama de densidades, pero debido a que los elementos más abrasivos tienden a ser también los más densos y más fácilmente separados por la fuerza centrífuga, el desgaste de los componentes se reduce drásticamente.

La PPC es un dispositivo simple y extraordinariamente duradero, muy a menu-



Figura 3.

do no requiere reparación mecánica para intervalos que exceden dos revisiones del motor. El enrutamiento del flujo de lubricante a través de la PPC se muestra aquí en una unidad seccionada (ver Figura 5). El aceite lubricante ingresa a presión en un orificio, fluye hacia arriba por el centro del husillo y luego entra en el interior de la turbina; su único escape es a través de chorros en la base de la turbina, que cada uno crea un poderoso empuje para impulsar la rotación de la turbina.

El anillo recolectado de desechos abrasivos se limpia a mano en un proceso de servicio de 10 minutos. Con su alta capacidad, el intervalo de frecuencia de servicio para la centrífuga es bastante largo, variando según la "vocación" de la centrífuga; por conveniencia, a veces está alineado para que coincida con los filtros de flujo completo.

En la mayoría de los casos, la PPC se aplica en un modo de derivación en lugar de un flujo completo como con filtros de barrera. En esta estrategia, el filtro de flujo completo realiza un gran control de partículas del lubricante que alimenta las superficies esenciales mientras que la centrífuga atrapa muy pequeños "finos" a través del ciclo de fluido repetitivo.

### Evaluación de los escombros en la centrífuga

El aspecto áspero de los contaminantes recogidos por la centrífuga varía en apariencia, dependiendo de muchos factores: para una aplicación diésel, los abrasivos metálicos dañinos y la arena se homoge-



Figura 4.

neizan en una matriz negra densa, basada en carbono; los desechos hidráulicos pueden transportar materiales ablandados de las pastillas de freno y, por lo tanto, de color mucho más claro (ver Figura 6). Incluso una mirada bruta a los escombros proporciona valor de diagnóstico ya que un motor "saludable", por ejemplo, tiene un cierto carácter consistente. La apariencia visual de la suciedad varía con problemas operacionales como el mal funcionamiento de un inyector, la deslaminación de cojinetes, la dilución del combustible o cuando debido a un fallo en una junta gotea agua en el aceite lubricante.

Pero para llevar a cabo una evaluación técnica de cómo la centrifuga a presión afecta la vida del aceite, los procesos de laboratorio especializados analizan los residuos específicos de la centrifuga, revelando los restos de la composición química de las superficies de los componentes desgastados, el impacto de la calidad del combustible y el estado de los aditivos lubricantes. Las herramientas de laboratorio (ver Figura 7), como el Ferrógrafo, muestran el color, tamaño y color real de las partículas recogidas, mientras que la microscopía electrónica de barrido identifica rasgos elementales y tamaño de partículas específicas.

### Evaluación del impacto de la centrifuga en el aceite lubricante

Los médicos que extraen sangre para evaluar la salud humana deben emplear un laboratorio profesional utilizando los métodos adecuados, herramientas específicas y técnicas adaptadas para descubrir las respuestas. Los mineros deben aplicar una diligencia similar para asegurar que

el equipo y los lubricantes que compran proporcionen el valor total máximo. Es un hecho comprobado que las centrifugadoras atrapan los contaminantes que dejan pasar los filtros. La PPC ha estado en uso continuo por más de 75 años, sin embargo, el análisis de la química del lubricante y de la condición física se basan, en la mayoría de los casos, solamente en la amplia aplicación de filtros de barrera tradicionales. Como resultado, pocos laboratorios tienen experiencia suficiente en discriminar el impacto de la eliminación de estos grandes volúmenes de abrasivos de menor tamaño.

Además de las muchas ideas valiosas que ofrecen el Ferrógrafo y el microscopio electrónico de barrido, presentamos una lista de procedimientos de laboratorio que se encuentran útiles para revisar las condiciones de lubricación cuando se instalan las centrifugadoras<sup>10</sup>.

Gravimetric Wear  
Contaminant Load  
ASTM D7843 (use 45mm Ø Millipore rated 0.8µm)

Sólidos Totales por Centrifugación  
ASTM Method D4007

ICP metales de desgaste  
ASTM D5185

Viscosidad del aceite@100°C  
ASTM Method D445

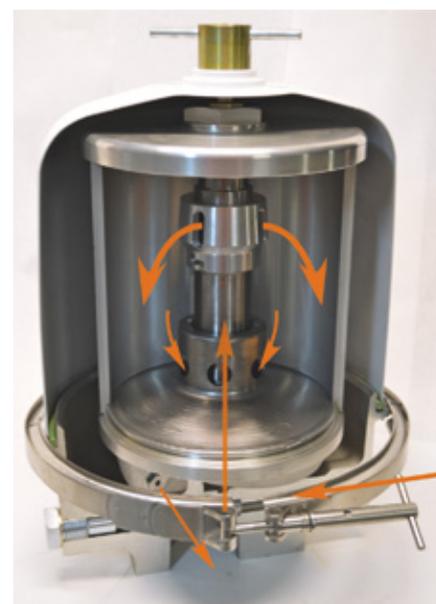


Figura 5.



Figura 6.

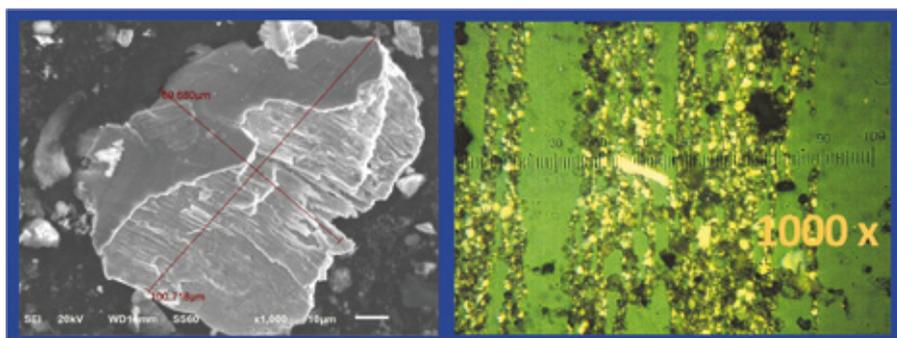


Figura 7.

Presencia de agua  
ASTM Method D4007

Presencia de Glicol  
ASTM Method D2982

Total Base Number  
ASTM Method D2896

Total Acid Number  
ASTM Method D664

Dilución de combustible  
ASTM Method D3278

Nitración (reportado en abs/cm)  
FTIR

Oxidación (reportado en abs/cm)  
FTIR

Los laboratorios pueden lograr casi todo lo necesario para exprimir el máximo

valor de sus lubricantes, pero con el fin de obtener los detalles esenciales, los procedimientos se eligen a menudo de una lista que podría llamarse rápida, barata y económica. La mayoría de los métodos de prueba que permiten un análisis rápido a precios bajos están bien si un gerente quiere asegurarse de que el motor no está entrando en un fracaso catastrófico, pero estos mismos métodos no son adecuados para la ciencia de llevar a cabo ensayos de ahorro de costos.

Un procedimiento de laboratorio sencillo que proporciona una visión profunda es la Prueba Gravimétrica de Carga Contaminante de Desgaste (Gravimetric Wear Contaminant Load, GWCL). Una cantidad medida de aceite lubricante sucio es aspirada a través de un parche de filtro con poros de  $0.8 \mu\text{m}$  Ø; el parche se pesa antes y después de la toma de la muestra, siempre en seco. El conta-

minante neto se reporta como masa en miligramos por litro de fluido. Dado que los métodos de separación como filtros y centrifugas están destinados a eliminar contaminantes abrasivos, el GWCL es un método de prueba rápido para evaluar el rendimiento de estas herramientas de control de suciedad.

Para proporcionar otro ejemplo fácil de entender, la Espectrografía ICP permite un análisis elemental preciso, pero no es capaz de "quemarse" correctamente y, por tanto, detectar partículas de tamaño superior a  $5 \mu\text{m}$ ; esta limitación se hace cada vez más pronunciada a medida que aumenta el tamaño de partícula. Si se aplica una herramienta como la PPC, reduciendo enormemente la cantidad de  $10 \mu\text{m}$  y los desechos más pequeños, este cambio no será detectado con precisión por los métodos estándar de ICP. La disolución ácida de las muestras ICP permite la detección completa y precisa de todos los metales usados<sup>11</sup>.

El valor de estos procedimientos de laboratorio inteligentes se ilustra con los datos de un motor de gran potencia de red que utiliza Heavy Fuel Oil (HFO). El gran volumen de aceite lubricante en este motor diésel de 7mW mostró un valor de GWCL de 9,350 mg / litro; este nivel de contaminantes de sólidos es 310x más alto que los aceites de motores diésel de camiones mineros típicos alimentados con MDO y que funcionan con una centrifuga a presión. En este mismo motor, el aceite de cárter utilizado arrojó Vanadio a 209 ppm y Níquel a 59 ppm, cuando



Figura 8.

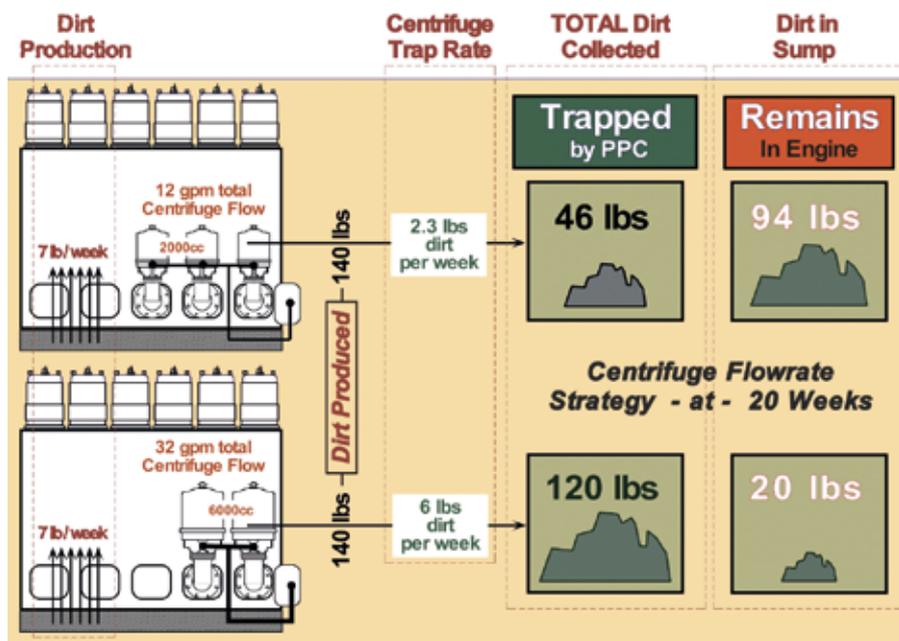


Figura 9.

se usó un método de disolución ácida para la muestra ICP. Los escombros recogidos por una PPC que circulaba en el sumidero del motor mostraron Vanadio elemental en más de 10,000 ppm, pero ese valor representa el efecto de concentración de suciedad de la centrifugadora. Estas altas cargas de suciedad de aceite lubricante demuestran la necesidad de mejorar el control de contaminantes en este motor.

### Aplicación de la centrifugadora a presión de las OEM

Tanto los OEM de motores y chancadoras son conocidos por aplicar la centrifugadora de presión como primeros artículos de ajuste de sus productos, ya que se entregaban desde la fábrica. Esta práctica para motores fue inaugurada en la década de 1960 por el esfuerzo pionero de la compañía Glacier Metal, un fabricante de rodamientos usados en muchos motores de servicio pesado en todo el mundo. Como se ha descrito anteriormente, la PPC es un dispositivo de derivación, que procesa una fracción del flujo total de lubricante del sistema, mientras que separa y recoge tamaños de desechos tan pequeños como 0.1 µm. Para casi todos los casos actualmente en producción, los métodos de filtración de barrera son siempre empleados en combinación con la PPC. Algunos diseños usan pantallas de auto-limpieza de flujo completo para controlar partículas más grandes; en

algunos otros casos, se aplica un medio filtrante desechable; en la mayoría de las aplicaciones de motores, la gran parte de estos sistemas de filtro de flujo total controlan adecuadamente escombros de más de 30 µm.

La PPC se ha aplicado en numerosas combinaciones de separación. Un muy exitoso motor diésel de alta velocidad fabricado en Europa y utilizado en todo el mundo fue equipado con la combinación de la PPC y un hidrociclón (ver Figura 8). En este sistema de separación de contaminantes, el ciclón actuaba como un tornado líquido, concentrando la suciedad en su flujo inferior, que alimentaba la cen-

trífuga a presión. El aceite más limpio del desbordamiento del ciclón era dirigido a las tareas de la lubricación del motor y **nada** de este suministro de aceite pasó a través de una barrera (ninguna pantalla, ningún medio). Esta combinación de alta tecnología proporcionó un medio resistente y de alto rendimiento que controlaba los contaminantes de lubricación. No se empleó ningún medio desechable, y cada bit de la suciedad atrapada se almacenaba en la centrifugadora para la limpieza manual de rutina. El motor y su diseño de limpieza de aceite lubricante fueron bien recibidos en áreas remotas donde las piezas de servicio eran difíciles de suministrar. La centrifugadora se aplicó a un ratio de recirculación del sistema de lubricación de 8.5.

Este innovador sistema híbrido ya no está en producción. La razón no es técnica, sino más bien por otra situación más comprensible: el modelo de negocio de los OEM. Un OEM debe proporcionar un producto a un precio competitivo y sus distribuidores deben tener éxito en la venta de esos motores y luego de las piezas que se desgastan. La PPC viola dos de estos atributos esenciales del modelo: la centrifugadora añade un modesto costo a un motor, mientras que al mismo tiempo, su alto rendimiento de separación reduce las tasas de desgaste de los componentes.

Los OEM en todo el mundo siguen aplicando la PPC como un accesorio de primer ajuste, pero universalmente aplican dos reglas:

- Retener siempre un componente de filtración desechable para proporcionar ventas al mercado de accesorios.



Figura 10.



Figura 11.

- Aplicar siempre una velocidad de centrifugado inferior al tamaño de la tarea optimizada.

La primera regla es una realidad simple, y no requiere explicación. La segunda puede parecer estar en desacuerdo con el buen diseño, generando la pregunta, ¿Cómo podría un OEM aplicar mal un accesorio? La respuesta es simple, los OEM operan usando una "regla" diferente, y no se aplican incorrectamente. Vamos a explicar.

El ratio de recirculación es la premisa más fundamental de la aplicación de PPC de éxito:

Ratio de recirculación: Volumen total del sistema de lubricación, dividido entre la tasa de flujo de la PPC<sup>12</sup>.

Más de cincuenta años de experiencia en campo con la centrífuga a presión ha demostrado que para un impacto económico en la vida del lubricante y de los componentes, el ratio de recirculación de la PPC debe exceder de 4-5 vueltas por hora. La instalación típica de la PPC de un OEM tiene un ratio de recirculación de alrededor de 1 ciclo por hora: estas instalaciones por lo general operan a una tasa inferior a la cuarta parte de lo que realmente requieren los clientes para detectar el valor económico real. ¿Cómo esto no es una aplicación incorrecta? Los

OEM le dirán que la razón por la que utilizan la PPC es simplemente para superar el desajuste entre la vida del lubricante de un motor en el campo y la expectativa del mercado para el intervalo de cambio de lubricante. También aplican la idea de la conformidad con el mercado: "otros OEM utilizan esta 'cosa', por lo que ellos también, aún si su mérito es desconocido".

Los usuarios finales pueden hacer una elección sobre cómo encajar esta herramienta. Esta recomendación proviene de un usuario final de larga data: "si desea utilizar la centrífuga de presión, obténgala de un experto competente en el postventa". Otro dijo: "Asegúrese de que su enfoque de centrífuga tenga suficiente flujo de lubricante". Esa idea se explica completa-



Figura 12.

mente en la Figura 9, donde los flujos de centrífuga mayores aumentan las tasas de recolección, produciendo un aceite más limpio.

Las historias de casos que siguen a continuación no exploran datos de los OEM sobre las PPCs ya que sus instalaciones reflejan ratios de recirculación extremadamente bajos. Las historias de casos citados aquí reflejan aplicaciones exitosas con centrífugas instaladas para ciclar al menos 4-6 vueltas por hora.

### Historias de Campo en las PPCs (motor, hidráulica y trituradora de rocas)

(Ver Casos 1, 2 y 3).

### Conclusiones

- La centrífuga a presión (PPC) es una herramienta de separación de fluidos diseñada para eliminar preferentemente los abrasivos más densos que causan desgaste en los lubricantes, prolongando así la vida útil de los componentes, rompiendo una reacción en cadena de desgaste. Además de atrapar desechos de desgaste, la PPC también separa los aditivos de aceite usado y los subproductos de la combustión; esto prolonga la vida útil del aceite reduciendo el volumen de superficies catalíticas químicamente activas que, de otro modo, aceleran la descomposición del aceite lubricante.
- La PPC es un complemento natural a la filtración de barrera, con mucha mayor capacidad de retención de suciedad que los tradicionales filtros de barrera desechables basados en medios y con capacidad de separar partículas tan pequeñas como 0.2  $\mu\text{m}$  y menores (ver Figura 13).

## Caso #1: Motor Diésel<sup>13</sup>

### Antecedente

Vehículos: Cat 793 B y C  
 Motor: Cat 3516B-HD, Desplazamiento = 78 litros  
 Velocidad nominal del motor: 1,800 rpm  
 Capacidad de lubricante en el cárter: 265 litros  
 Vocación: mina de carbón a tajo abierto, día de trabajo = 20 hrs, región montañosa  
 Carga útil del camión: 175 toneladas métricas  
 Centrífuga a presión: 6000cc, flujo de 45 lpm, drenaje por gravedad  
 Aceite lubricante: 10w40 (Aceite Mineral Severamente Hidro Tratado)

### Resultados

Mantenimiento del Motor	Tiempo de serv. estándar de fab.	Tiempo de serv. c/ centrífuga	cambio
Cambio De Aceite del Motor:	650 hrs	1,100 hrs	69% incrementado
Revisión del motor:	14000 hrs	17,500 hrs	25% incrementado

Ahorro estimado en costos: \$2.1 millón (US/año), 80 camiones (lubricante & overhaul)

### Comentarios del Cliente

"Para el perfil de carga del volquete 793 (ver Figura 10), nos pareció práctico que la revisión del motor fuera programada a las 14,000 horas. Prestamos atención a las sustancias químicas lubricantes: el aceite del motor rutinariamente fallaba cuando se excedían los límites de oxidación, por lo que establecimos el intervalo de cambio de aceite a 650 horas. Para superar estos límites, buscamos una herramienta de limpieza de aceite para controlar las partículas en el rango de tamaño de 0.5 a 5 µm: la centrífugadora a presión hizo exactamente eso y demostró que permite un intervalo de cambio de lubricante mucho más largo en nuestra flota".

### Métodos analíticos aplicados

Microscopía electrónica de barrido, composición química del aceite lubricante, escombros fisico-químicos de la centrífuga.

## Caso #2: Hidráulica de refrigeración en los frenos de camión<sup>14</sup>

### Antecedente

Vehículo: Cat 793 C  
 Potencia: 1800 kW  
 Capacidad del Fluido Hidráulico: 1500 litros  
 Vocación: Mina de cobre a tajo abierto, día laboral = 20 hrs, 1,100 msnm  
 Carga útil del camión: 175 toneladas métricas  
 Centrífuga a presión: 2000cc, flujo de 22 lpm, drenado por gravedad  
 Aceite lubricante: 5w30 (Aceite Mineral especificado del OEM)

### Resultados

Mantenimiento del Motor	Tiempo de serv. estándar de fab.	Tiempo de serv. c/ centrífuga	cambio
Servicio de filtro hidráulico:	según alerta	pre-set, tienda	Sin tiempo de inactividad

Ahorro estimado en costos: \$286,000 (US) anuales, 50 camiones (filtros y tiempo de parada)

### Comentarios del Cliente

"Esta es una difícil tarea para el fluido: los frenos vierten enormes cargas de arena en el mismo aceite que corre el cilindro para el cuerpo de volteo. Los filtros de los OEM en este circuito son críticos, no solo para el cilindro sino también para las bombas y válvulas. Los filtros funcionan, pero nuestro indicador de "alerta de cambio" siempre parecía dispararse cuando los conductores estaban en modo de transporte en carretera, teníamos que enviar un camión de servicio para reemplazarlos y eso significa tiempo de inactividad y pérdida de ingresos. La centrífuga descarga una gran cantidad de suciedad, tiene mucho espacio para almacenarla, y ya sabemos que controla un tamaño de partícula más fino que los filtros. Hemos eliminado el tiempo de inactividad no programado. La Figura 11 muestra un inserto de turbina centrífuga con más de 3,600 gramos de freno y residuos hidráulicos".

### Métodos analíticos aplicados

Conteo de partículas, Química del aceite lubricante, Comparación de colores, Física y Química de los escombros en la centrífuga.

### Caso #3: Circuito de lubricación del cojinete de chancadora de mineral<sup>15</sup>

#### Antecedente

Marca de la Chancadora: Nordburg  
 Tipo de Chancadora: Cone  
 Capacidad de Fluido del Sistema: 1,000 litros  
 Vocación: Mineral de Hierro, Chancadora Secundaria, mes de trabajo = 600 hrs  
 Centrífuga a presión: 6,000 cc, 70 lpm flujo, drenaje por gravedad  
 Aceite lubricante: ISO 150

#### Resultados

Mantenimiento del Motor	Interv. de serv. estándar de fab.	Interv. de serv. c/ centrífuga	cambio
Servicio del filtro del OEM:	en $\Delta P$ alto	filtros removidos	sin desechables

#### Comentarios del Cliente

"Anteriormente los filtros en este circuito de cojinete de la trituradora se cambiaban regularmente según programación, pero nunca tuvimos un indicador del  $\Delta P$  (ver Figura 12). El uso de la centrifugadora a presión permitió la confirmación inmediata de que estábamos atrapando los desechos. La centrífuga ha sido instalada en esta trituradora durante más de 10 años y no requiere ningún servicio, aparte de limpiar la suciedad de la turbina. Durante este intervalo en la chancadora, el cojinete del contra-eje, el casquillo excéntrico interior y la vida del buje excéntrico exterior aumentaron. Los componentes hidráulicos han permanecido en servicio, la vida del aceite se duplicó y los sedimentos ya no se acumulan en el tanque de lubricación".

#### Métodos analíticos aplicados

Viscosidad del Aceite, Insolubles, Análisis Elemental, TAN

■ Los datos en este documento muestran que las instalaciones de campo con ratios de recirculación de más de cuatro vueltas por hora proporcionan un valor excepcional al extender los intervalos de cambio de aceite y filtro, aumentando la vida útil de los componentes y reduciendo las paradas no programadas del equipo.

■ La centrífuga de presión se ha aplicado ampliamente en las últimas cuatro décadas, con más de 350,000 unidades de mercado vendidas a muchos mercados y aplicaciones en los EE.UU. y Canadá,

y cientos de miles de unidades en todo el mundo para el primer ajuste de instalaciones de motores de los OEM en Los Estados Unidos, Europa y Asia.

#### Referencias

- Graham, Neal. By-Pass Lube Oil Filtration, SAE Technical Paper 860547. Glacier Metal Company.
- Devon Industries Inc. 2003. Chemistry Survey of Centrifuged Solids from Caterpillar 3512 Engine.
- Rodibaugh, Scott. 1986. Personal communication. Pall Industrial Hydraulics Corporation Engineering Staff.
- GTD 310. Jan 2015. Engine Lab Wear Test vs Filtration Method. Glacier Purification Systems.
- GFH 154. Jun 2015. Lube Centrifuge on Mine Haul-Truck with Cat 3516B-HD. Glacier Purification Systems.
- GFH 157. Apr 2016. Centrifuge Fixes Hydraulic Dirt Overload — Cat 793C Truck. Glacier Purification Systems.
- Bowen, Andrew. Engine Component Wear Rate on Diesels Equipped with an Oil Cleaning Centrifuge, SAE Technical Paper 902124. Glacier Metal Company and Scott Rodibaugh, T.F. Hudgins, Inc.
- GFH 150. Jun 2006. Oil TBN Durability — Field Tests of Centrifuge Effects. Glacier Purification Systems.
- ibid, (1)
- GGA 203. May 2015. Proper Lab Work Sells Lube Oil Centrifuges. Glacier Purification Systems.
- Rodibaugh, Scott. Diesel Lube Oil Contaminant Size and Composition by Analysis of Solids Collected by Oil Cleaning Centrifuge, SAE Technical Paper 920928. T.F. Hudgins, Inc.
- GGA 201. Jul 2002. Turn Rates for Self-Powered Centrifuges. Glacier Purification Systems.
- ibid, (5)
- ibid, (6)
- Rodibaugh, Scott. 2015. Personal communication, Pleasant Industries, Chennai, India.

English version available from  
[info@glacierindustrial.com](mailto:info@glacierindustrial.com)

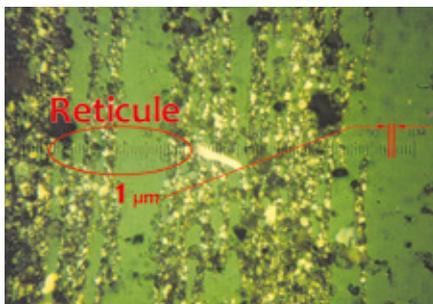


Figura 13.