CMC CHILE 2026

Sesión

BRÚJULA

1

BRÚJULA SESIÓN 13

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 7ª EDICIÓN



Identificando la ruta de degradación para extender la vida del lubricante

Greg Livingstone & Cristian Soto

Fluitec

2

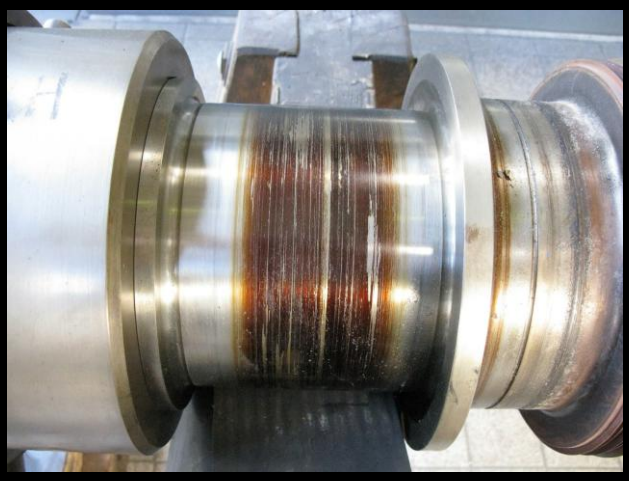
Barniz 101



4

¿Qué es el barniz?

El barniz es un depósito derivado del aceite



5

Lodos: oxidación + humedad

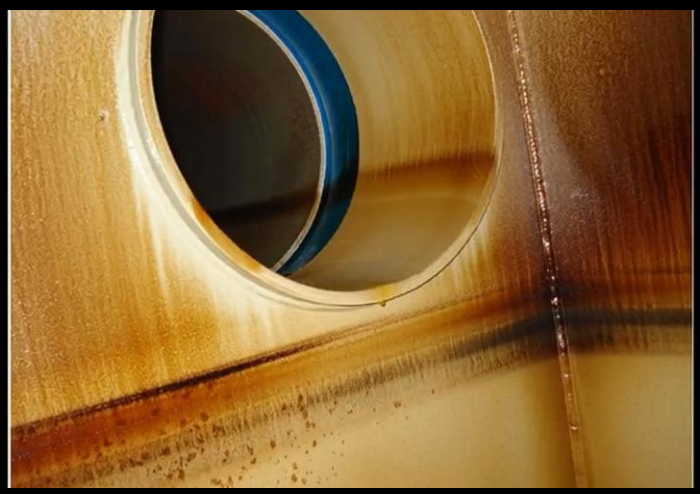






6

Barniz (frío): oxidación + degradación térmica





7

Depósitos por tensión de corte (barniz caliente): degradación térmica



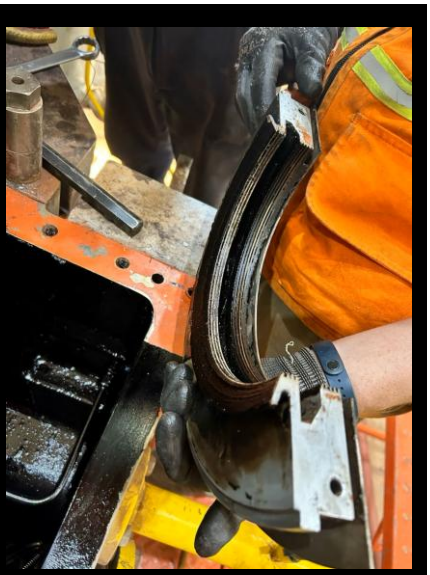


80-250 ºC

8



Coquización: pirólisis



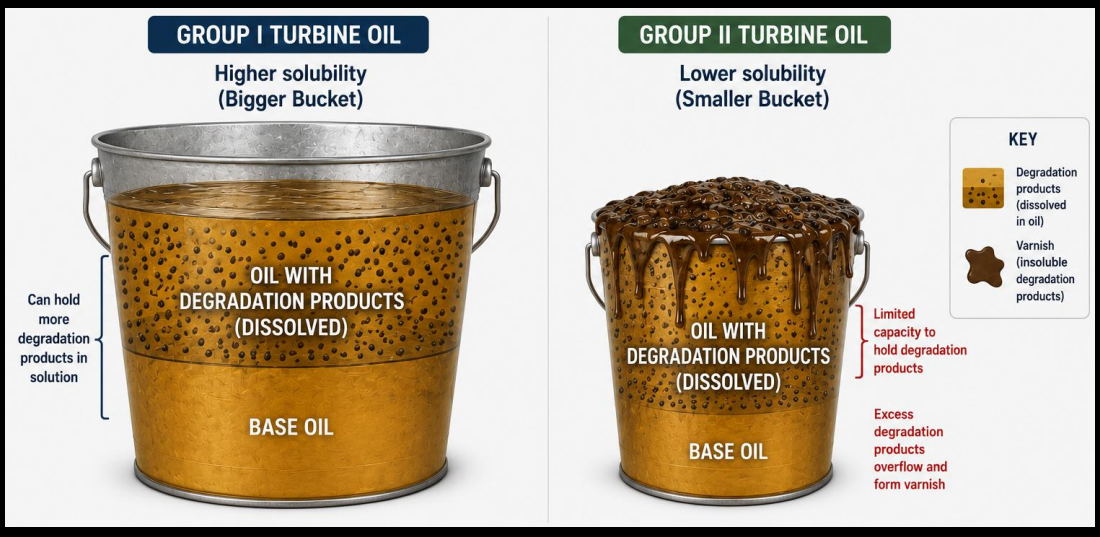
>300 ºC

9



10

¿Qué ha causado estos problemas de barniz?



11

Cambios en la formulación de los aceites de turbina

- GE TIL 1528-3: “Los aceites base del Grupo II son más susceptibles a formar barniz una vez que comienza la degradación del aceite.”
- Artículo de STLE TLT, enero de 2008: “Debido a su pureza, los aceites del Grupo II… son solventes mucho más pobres. Eso significa que los subproductos de oxidación tienden a precipitar y formar barniz con mayor facilidad.”
- Los aceites del Grupo II tienen menor conductividad, muy por debajo del umbral de 500 pS/m que el Dr. Duchowski consideraba seguro.

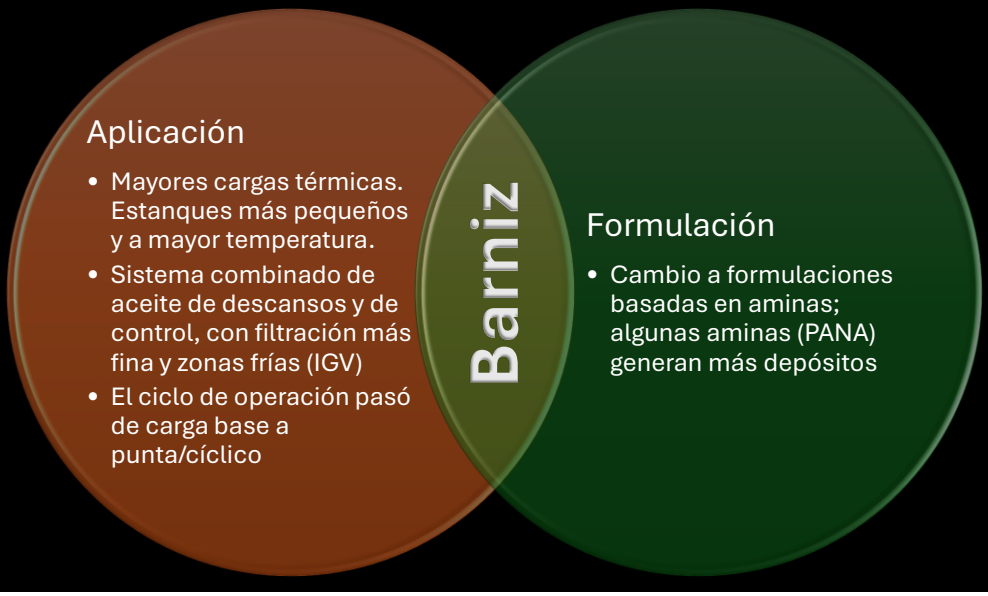
12

Tenemos una explicación muy ordenada sobre la causa del barniz. Pero…

NO ES CIERTO

13

Contribución multifactorial al barniz

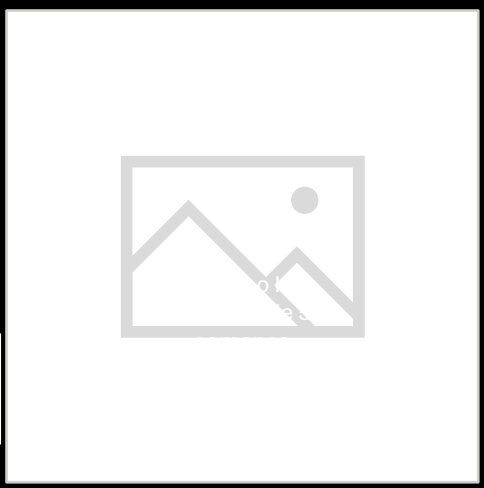


14

¿Qué rinde mejor, el Grupo I o el Grupo II?

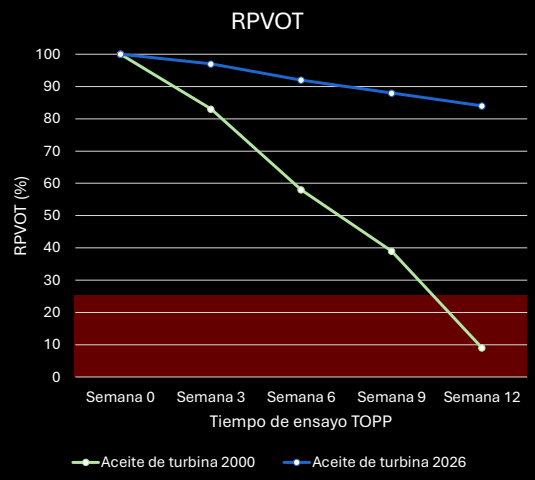
- Para evaluarlo, desarrollamos el ensayo de Predicción del Desempeño de Aceites de Turbina (TOPP).
- Las muestras se someten a 120 °C durante 12 semanas y se extraen a las 3, 6, 9 y 12 semanas.

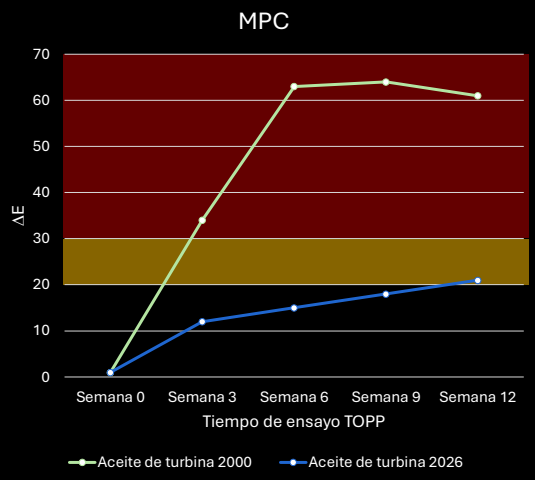
Ningún aceite del Grupo I ha llegado al final del ensayo.



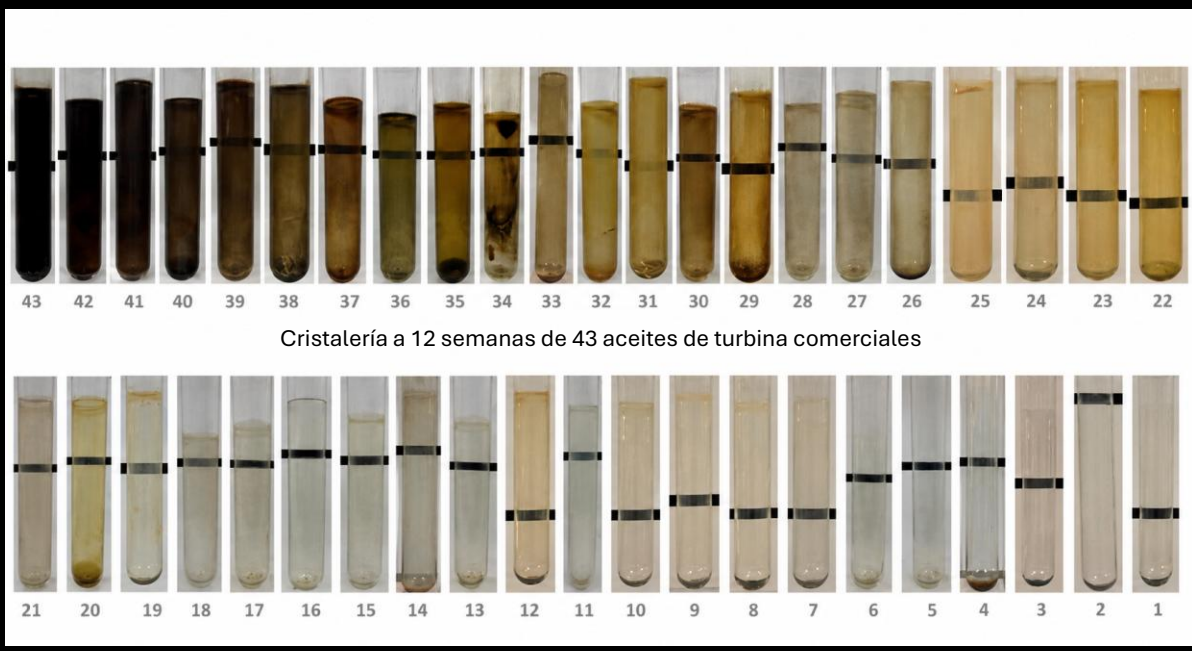
15

En general, las formulaciones actuales de aceites de turbina son:



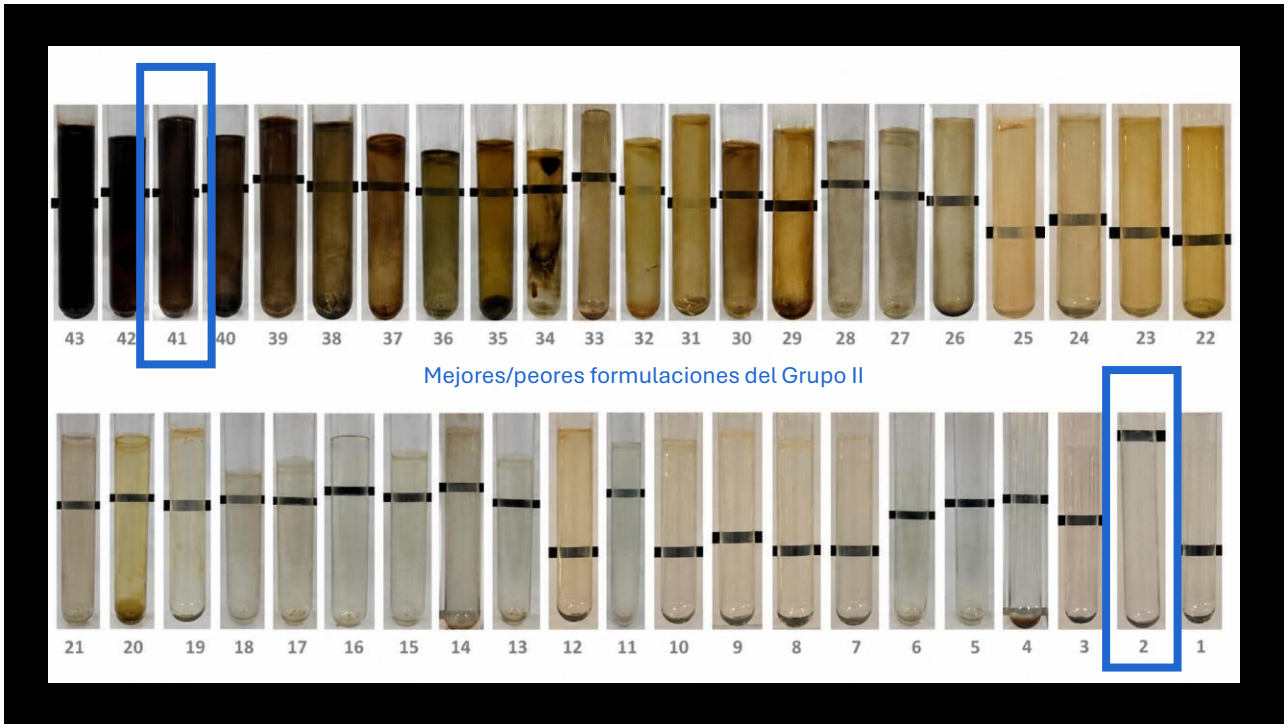


16

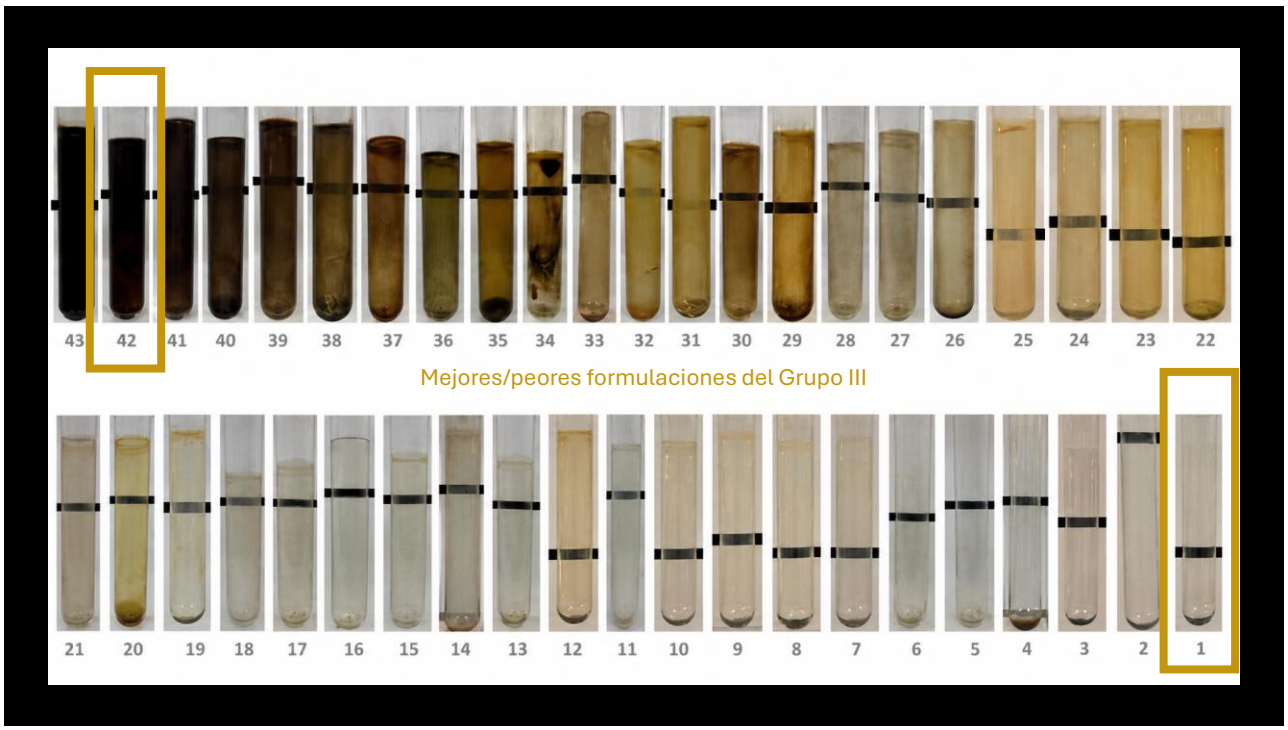


Cristalería a 12 semanas de 43 aceites de turbina comerciales

17


43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22
Mejores/peores formulaciones del Grupo II
21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

18


43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22
Mejores/peores formulaciones del Grupo III
21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

19

Comprender las moléculas de degradación del aceite

En el año 2000 se pensaba que los productos de degradación del aceite eran partículas submicrónicas. Esto no explicaba por qué:

- Se formaban depósitos en superficies más frías, como las válvulas IGV, o anillos en las paredes del estanque
- Los resultados de los ensayos cambiaban con el tiempo
- La filtración submicrónica no funcionaba en aceite en servicio

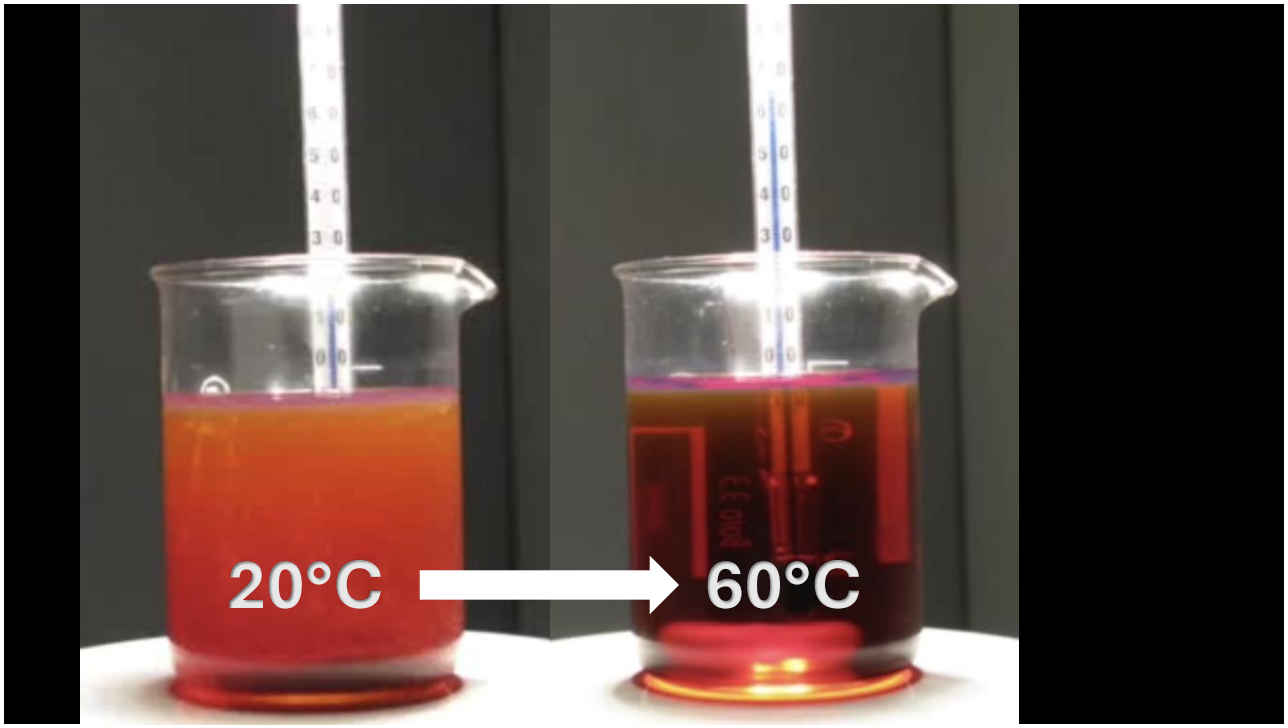


20

Hoy sabemos que la mayoría de los productos de degradación del aceite son solubles



21


20°C
60°C

22


Las soluciones contra el barniz han pasado de...
la filtración a la química

23

Soluciones químicas

La filtración con resinas es un tipo de filtración química

- la tecnología de filtración preferida para remover del aceite los productos de degradación disueltos



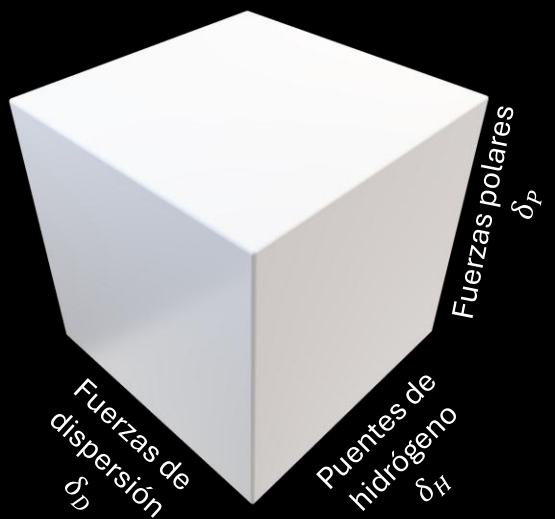


Los mejoradores de solubilidad se usan ampliamente para

- Descontaminar sistemas de lubricación entre cambios de aceite
- Mejorar el control de depósitos del aceite de turbina

24

Para estudiar la solubilidad, usamos los parámetros de solubilidad de Hansen

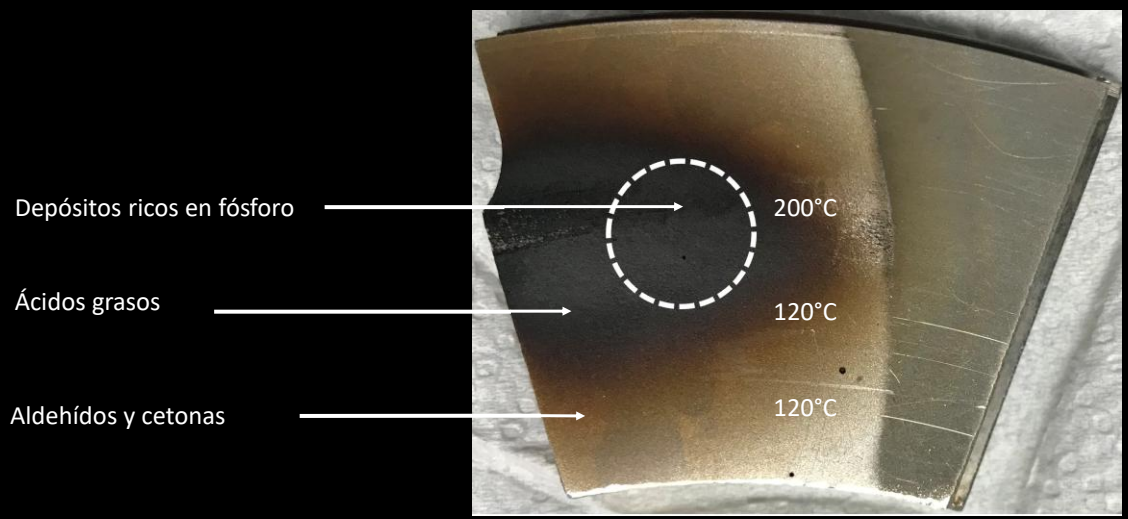


25

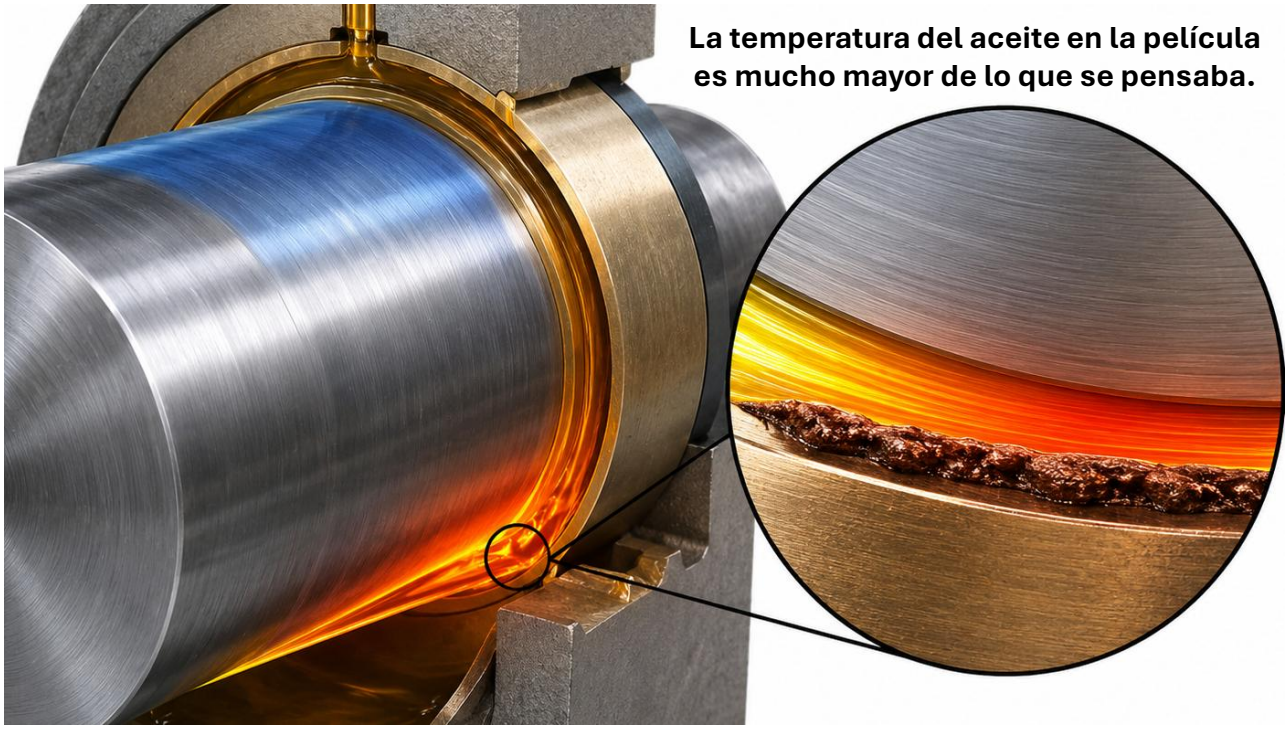


26

Química de los depósitos de barniz



27



28

Rutas de degradación

29

Oxidación	Tensión de corte	Descarga electrostática por chispa
Contaminación	Microdiesel	Degradación triboquímica
Nitración	Incompatibilidad	Degradación microbiana
Puntos calientes	Volatilización	Sulfatación
Hidrólisis	Radiación	Degradación ultravioleta

30

Oxidación	Tensión de corte	Descarga electrostática por chispa
Contaminación	Microdiesel	Degradación triboquímica
Nitración	Incompatibilidad	Degradación microbiana
Puntos calientes	Volatilización	Sulfatación
Hidrólisis	Radiación	Degradación ultravioleta

31

Los antioxidantes son como la cáscara de la manzana



Documento técnico sobre oxidación

32

Oxidación

La oxidación es la pérdida o ganancia de un electrón que produce una reacción química entre las moléculas del aceite y el oxígeno, acelerada por el calor, el agua y los metales catalíticos.

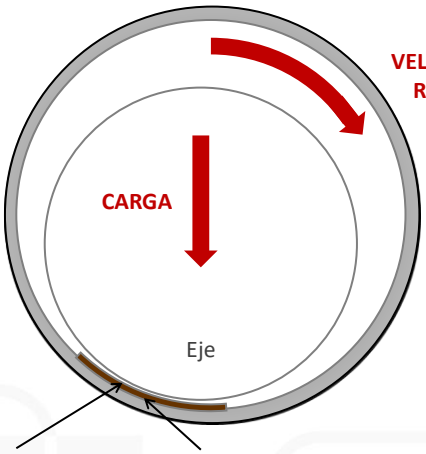
Agotamiento de antioxidantes → Reducción del RPVOT → Oscurecimiento del aceite → Aumento del número ácido → Oxidación por FTIR → Aumento de viscosidad

Nota: el MPC puede o no estar directamente relacionado con la oxidación

Controlar temperaturas, reducir catalizadores y actuar en forma proactiva antes de que la oxidación se descontrole.

33

Comprender la tensión de corte



La velocidad y la carga determinan el riesgo de tensión de corte.

Puede ocurrir con formulaciones de los Grupos I a IV. Cambiar el tipo de aceite no es la solución.

34

Degradación por tensión de corte

La degradación por tensión de corte es la ruptura mecánica y térmica de las moléculas del aceite y sus aditivos cuando el fluido es forzado a pasar por zonas de alto cizallamiento, como descansos radiales o de empuje.

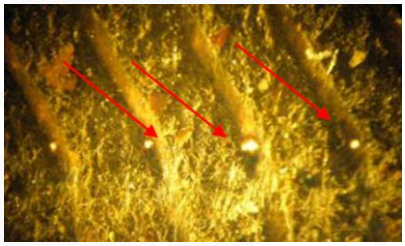
No se detecta inicialmente con el análisis de aceite. Depende del monitoreo de temperatura y vibraciones, y de inspecciones físicas.

Reducir velocidad o carga. Aumentar el espesor de película. Usar un mejorador de solubilidad.

35

La ESD genera depósitos termoplásticos











Ofluitec

36

Descarga electrostática por chispa

La ESD se produce por fricción molecular que acumula carga estática, la cual se descarga como chispas lo bastante calientes para craquear el aceite, generar radicales libres y perforar los elementos filtrantes. Ocurre con mayor frecuencia en filtros.

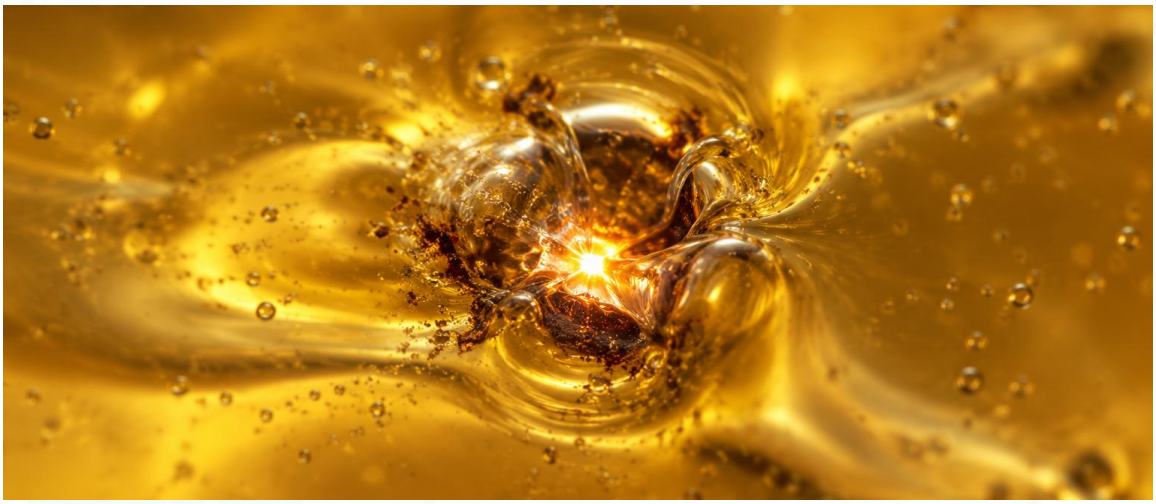
Chasquidos audibles en las carcasas de filtros y marcas de quemado o perforaciones en los pliegues del filtro.

Instalar elementos filtrantes antiestáticos con medio conductivo y una adecuada conexión a tierra. Reducir el flujo por el filtro bajando la viscosidad o la velocidad de flujo a través de los filtros.

Ofluitec

37

Compresión adiabática y colapso de burbujas



38

Microdiesel

Compresión adiabática de burbujas de aire atrapado en bombas y zonas de alta presión, que eleva la temperatura local sobre 1.000 °C y degrada térmicamente el aceite circundante en subproductos carbonosos.

Partículas de carbón similares al hollín y depósitos oscuros que tornan negros el aceite y la membrana MPC.

Eliminar el ingreso de aire por fugas en la succión y por líneas de retorno sobre el nivel de aceite, y aumentar el tiempo de residencia. La limpieza electrostática puede remover partículas carbonosas submicrónicas.

39

El ingreso de gases de proceso puede generar nuevas rutas de degradación

Inert (Reducing)	Hydrocarbon	Chemically Reactive
• Nitrogen • Hydrogen • Helium • Carbon Monoxide	• Methane • Ethane • Propane • Butane • Ethylene • Propylene • Butylene • Natural Gas • Cracker-gas	• Oxygen • Halogen • Hydrogen Chloride • Hydrogen Sulfide • Nitrogen Oxide • Sulfur Dioxide • Carbon Dioxide • Ammonia

Ref.: Livingstone, Wooton

40

Contaminación

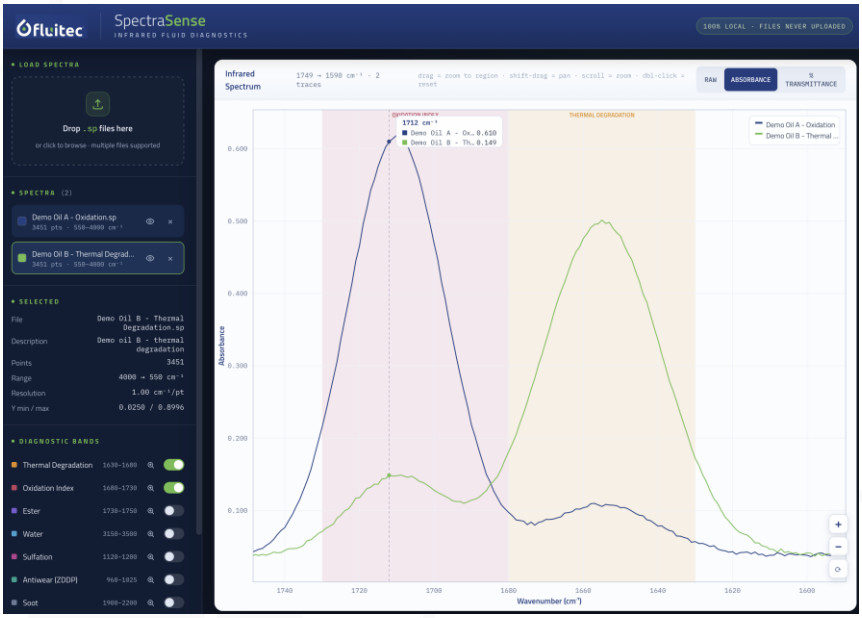
Contaminantes como los gases de proceso pueden crear nuevas rutas de degradación.

El análisis FTIR y SEM/EDX del depósito puede identificar posibles

Eliminar el ingreso de aire por fugas en la succión y por líneas de retorno sobre el nivel de aceite, y aumentar el tiempo de residencia. La limpieza electrostática puede remover partículas carbonosas submicrónicas.

41

El FTIR ayuda a identificar el modo de degradación



Índice de oxidación vs. degradación térmica

42

Soluciones contra el barniz según el modo de degradación

Modo de degradación	Posibles soluciones tecnológicas
Depósitos de origen oxidativo	A temperatura de operación: filtración con resinas y mejoradores de solubilidad. A temperatura ambiente: medios de profundidad, limpieza electrostática
Depósitos por tensión de corte	Mejoradores de solubilidad
Depósitos por descarga electrostática	Ninguna. Resolver la causa raíz del problema
Depósitos inducidos por microdiesel	Limpieza electrostática
Depósitos inducidos por contaminación	Posiblemente filtración con resinas y/o mejoradores de solubilidad. Probar primero.

43



47

SESIÓN 13

ESCANEA EL CÓDIGO QR

RESPONDE UNA BREVE ENCUESTA

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 7ª EDICIÓN

¡GRACIAS!

Greg Livingstone & Cristian Soto

g.livingstone@fluitec.com & c.soto@fluitec.com

48