



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD
★ C H I L E ★



ORGANIZADO POR: 
ASOCIACIÓN MEXICANA
DE PROFESIONALES EN
GESTIÓN DE ACTIVOS A.C.



Lic. Gabriel Lucchiari

Director Técnico – Laboratorio Dr. Lantos

Evaluación de Condición de Oxidación y Refresco del Lubricante en Turbinas



Qué aprenderemos en esta sesión

- Porqué la condición de oxidación del aceite es crítica para la confiabilidad de turbinas.
- Cómo hacer CBM basado en los ensayos de RULER, MPC y RPVOT.
- Cómo determinar la condición de oxidación del aceite en nuestra turbina.
- Cómo determinar si se requiere un refresco de lubricante y cómo estimar el refresco requerido.
- Otras estrategias para acondicionar el lubricante.

INTRODUCCIÓN

Confiabilidad en Turbinas

- Son equipos críticos para las centrales térmicas y la industria pesada.
- Equipos muy costosos que deben operar confiablemente.
- La pérdida de confiabilidad afecta directamente la generación y/o producción con grandes costos por incumplimientos contractuales.

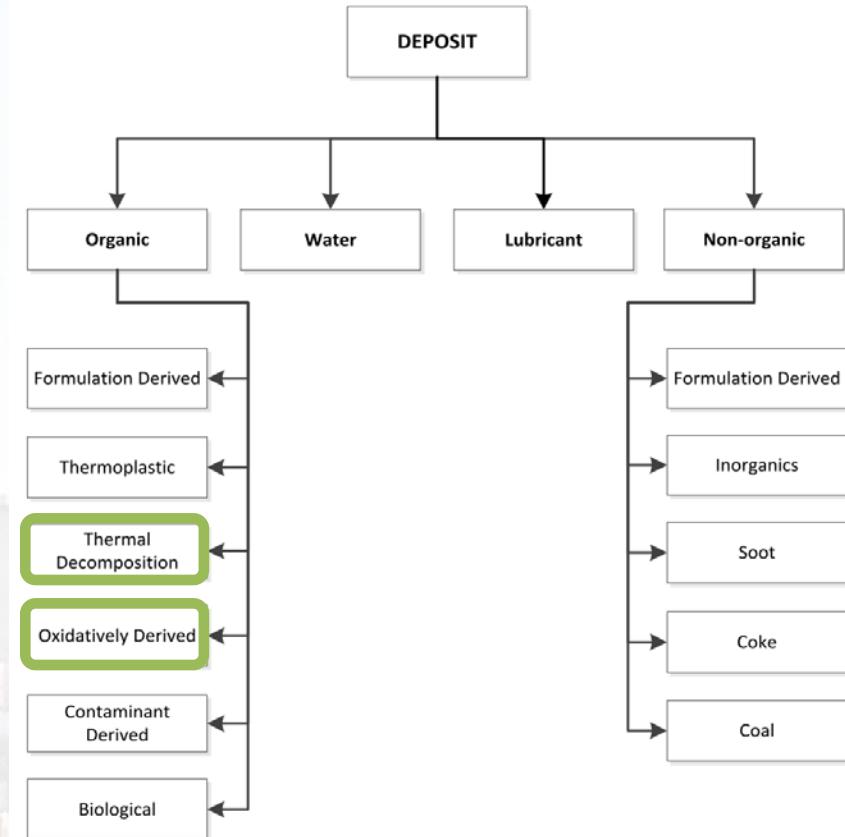


La Condición de Oxidación es crítica para la confiabilidad de Turbinas

- La Lubricación en turbinas es hidrodinámica
 - Película lubricante gruesa: $100\mu\text{m}$
 - Sólo hay desgaste cuando la condición del lubricante es deficiente, o cuando hay contaminación.
- Las turbinas fallan por la formación de barniz.
 - Se forman en el cojinete
 - Produce obstrucción de orificios y filtros
 - Produce pegajosidad en válvulas

¿Qué es el barniz?

Es materia orgánica pegajosa compuesta de moléculas polimerizadas de aceite y antioxidantes sacrificados.



La Condición de Oxidación es crítica para la confiabilidad de Turbinas

- El costo de la formación de depósitos es muy alto
 - El tiempo de parada es extremadamente caro en plantas termoeléctricas
 - Los componentes de las turbinas son muy caros para reemplazar.



COST:
\$250K



COST:
\$450K



COST:
\$60K



¿Cómo mantengo la CONDICIÓN DE OXIDACIÓN saludable?

- Para poder operar confiablemente, la condición de oxidación debe permanecer en un entorno de seguridad. Implica:
 - Mantener los antioxidantes en altas dosis,
 - Mantener bajo el potencial de formación de barniz,
 - Mantener una alta resistencia a la oxidación



¿Cómo mantengo la CONDICIÓN DE OXIDACIÓN saludable?



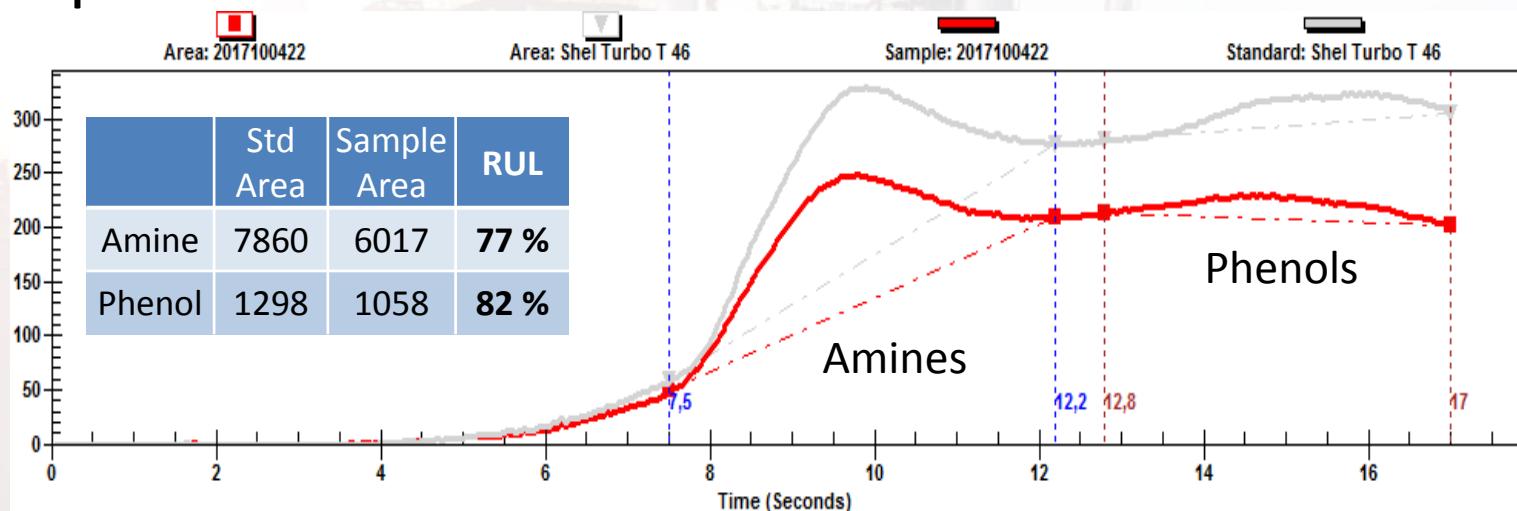
**ANTIOXIDANTES; BARNICES;
RESISTENCIA A LA OXIDACION**

Los ensayos de RULER, MPC y RPVOT evalúan esta condición.

Profundizar dentro de los ensayos e integrarlos es extremadamente valorable para CBM.

El ensayo de RULER (ASTM D6971) evalúa los antioxidantes remanentes

- El método efectivamente oxida los antioxidantes para cuantificarlos. El resultado expresa el potencial antioxidante real. Cada antioxidante, dependiendo de su naturaleza, se oxida a un potencial específico generando un pico de corriente



MPC (ASTM D7843) evalúa los barnices presentes en el lubricante

- Los barnices son filtrados por poro de $0,45\mu\text{m}$
- El color resultante se cuantifica

MPC 15 – Seguridad: Mantener monitoreo.

MPC 20 – Alarma: Monitorear más seguido.

MPC 30 – Condena: Tomar acciones.

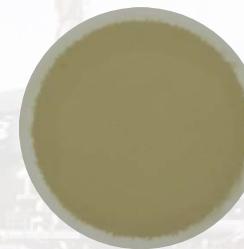
MPC 50 – Crítico: Tomar acción inmediata.



MPC 15
Seguridad



MPC 20
Alarma



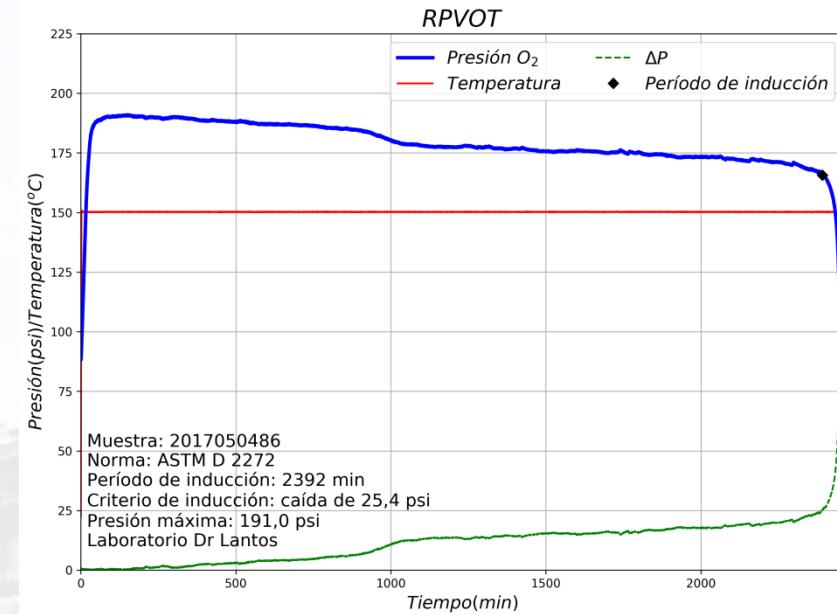
MPC 30
Condena



MPC 50
Crítico

El RPVOT (ASTM D 2272) es un simulador de Oxidación

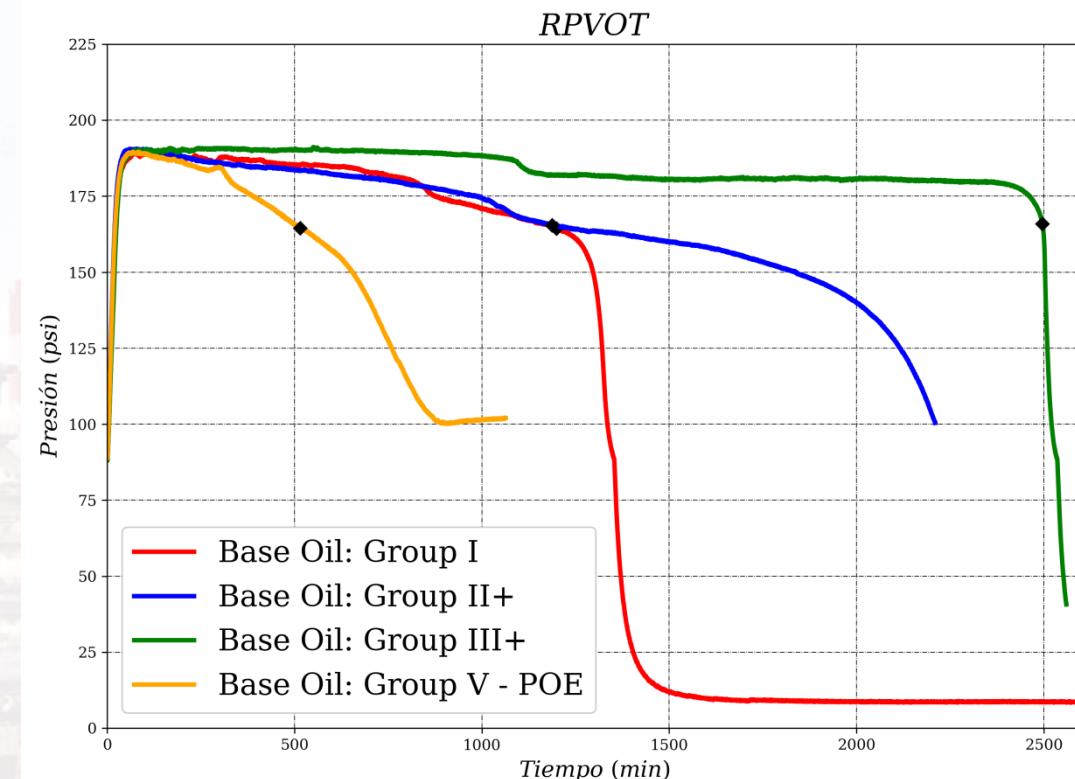
- **Condiciones de Ensayo**
 - 150°C
 - O₂ @ 190psi
 - Catalizador de Cobre
 - Agua



Fin del Ensayo: Caída de 25,4psi

Las curvas de RPVOT dicen mucho del lubricante

- La presión se mantiene estable durante la protección antioxidante.
- La forma en la que cae la presión refleja el tipo y estado de la base lubricante.
- La integración es valiosa para CBM.





Construyendo un Modelo de Condición de Oxidación de Turbinas

CASO DE ESTUDIO

Objetivo: Estudiar el refresco de la carga lubricante

- Turbina de Gas
- Grupo I, ISO VG 32,
Paquete R&O
- Operación: 43.000
horas



Modelo de Condición de Oxidación de Aceites de Turbina



¿Cómo mantengo la **CONDICIÓN DE OXIDACIÓN** saludable?

- Antioxidantes en altas dosis,
- Bajo el potencial de formación de barniz,
- Alta resistencia a la oxidación.

Modelo de Condición de Oxidación

Método del Refresco

Integra los posibles escenarios entre la condición del lubricante en servicio y su condición de máxima; como lubricante nuevo.

$$\text{Refresco} = \frac{\text{Lubricante Nuevo}}{\text{Lub. Nuevo} + \text{Lub. Usado}} \cdot 100 \%$$

100% Refresco => Lubricante nuevo

0% Refresco => Lubricante en servicio

Modelo de Condición de Oxidación

ETAPA 1: Estudio de condiciones iniciales

Se comienza analizando el estado de oxidación del lubricante en servicio y del lubricante nuevo

	Lubricante en servicio	Lubricante nuevo
RULER	14,9 %	100 %
RPVOT	142 min	1369 min
MPC	34	1

Modelo de Condición de Oxidación

ETAPA 2: Modelo Preliminar de Condición



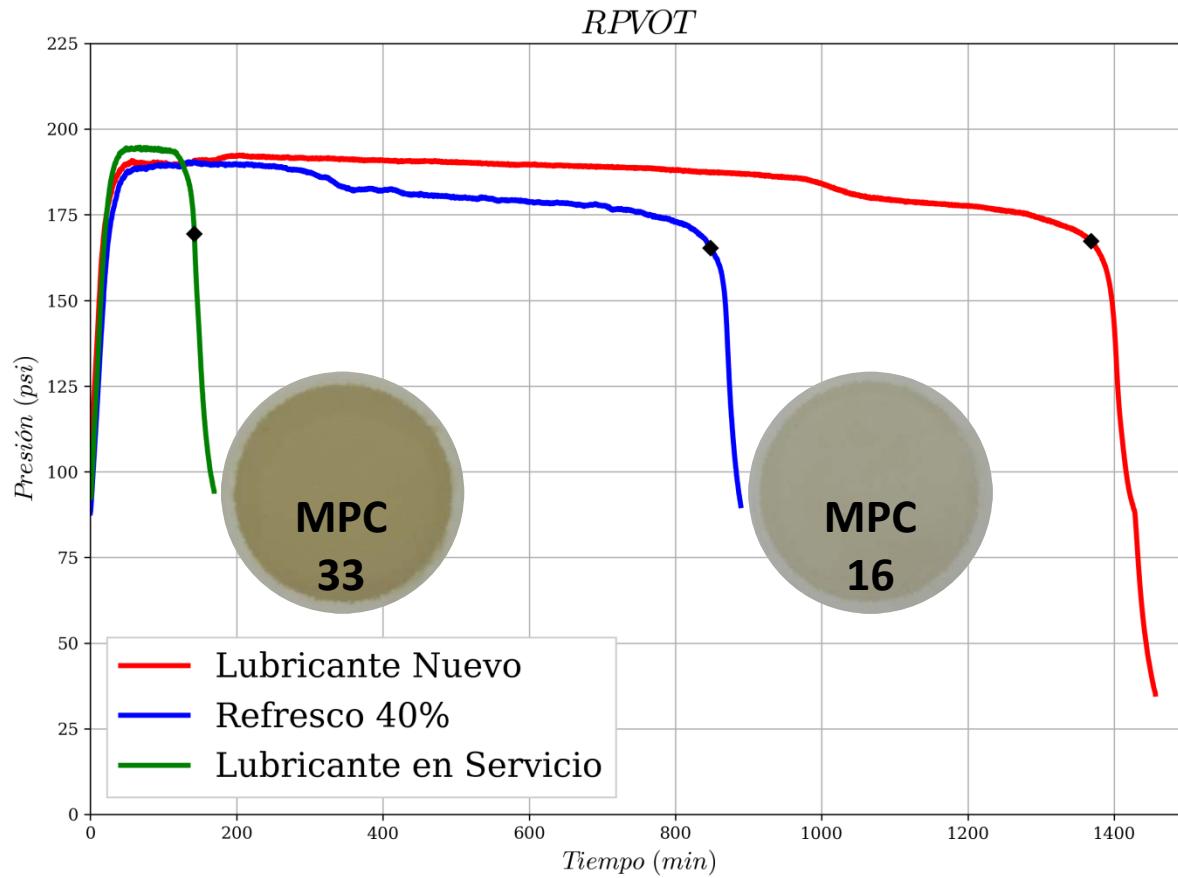
El modelo preliminar permite hacer una estimación gruesa del refresco requerido para satisfacer:

- RULER $\approx 50\%$
- MPC ≈ 20
- RPVOT ≈ 600 min

Esto se satisface con un refresco del 40%.

Modelo de Condición de Oxidación

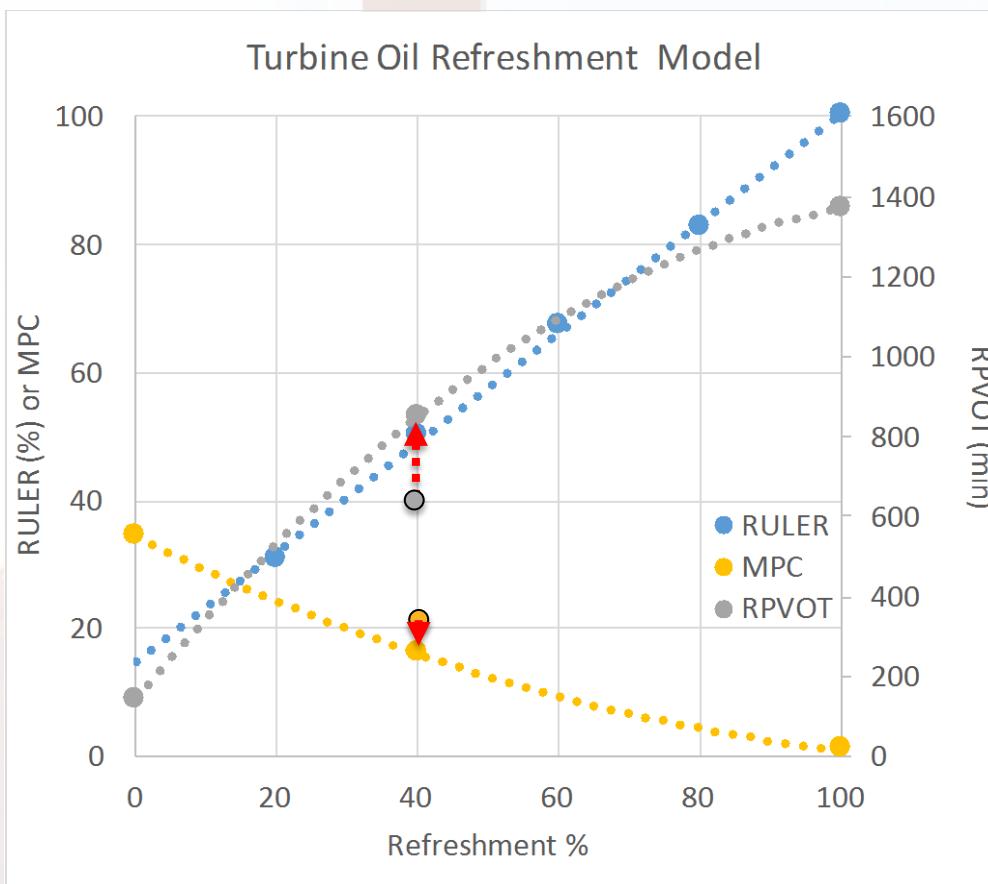
ETAPA 3: Simulaciones Químicas



Para evaluar los estados intermedios entre el lubricante nuevo y el lubricante en servicio se realizan muestras de Refresco al 40% y se las somete a ensayos de RULER, RPVOT y MPC.

Modelo de Condición de Oxidación

ETAPA 4: Modelo Iterado de Condición

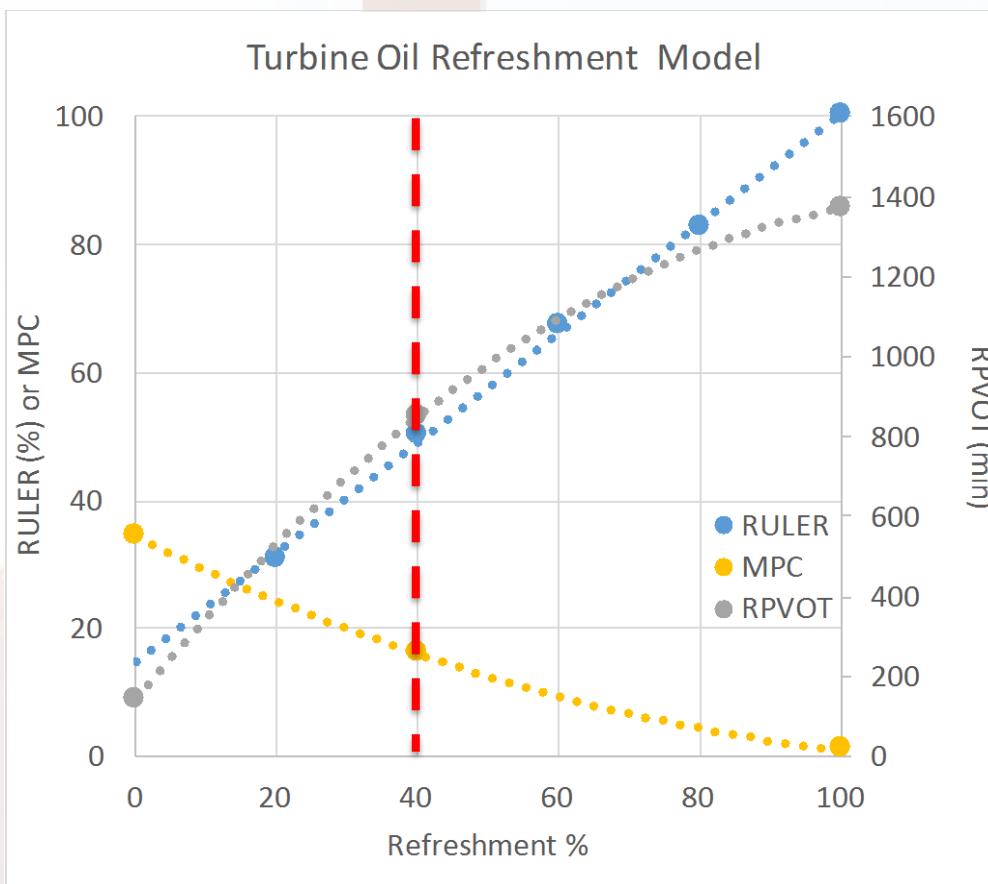


RPVOT: Aumenta de los esperados 600 min a 850 min experimentales. La diferencia indica que el lubricante presenta degradación del aceite base.

MPC: Cae de $\Delta E = 21$ esperado a $\Delta E = 16$. La diferencia esta relacionada con limitaciones metodológicas.

Modelo de Condición de Oxidación

ETAPA 5: Propuesta de Refresho



En estas condiciones la turbina esta equipada para una operación confiable en el corto plazo.

Se espera que el MPC aumente en el corto plazo.

Modelo de Condición de Oxidación

ETAPA 6: Estrategias de Acondicionamiento

Cada turbina en operación es un caso de estudio diferente:
Estrategia de Confiabilidad, Servicios disponibles.

- **Refresco de Lubricante** implica el descarte de un % del lubricante en servicio y el relleno con lubricante fresco
- La **readitivación con Antioxidantes** es una lenta alimentación con un concentrado de Antioxidantes con mínimo reemplazo de lubricante.
- La **mitigación de lacas y barnices** es el retiro de sustancias polares formadas por la oxidación del producto.

Modelo de Condición de Oxidación

ETAPA 6: Estrategias de Acondicionamiento

Refresco de Lubricante: la opción conservadora

VENTAJAS

- Es el procedimiento más seguro. No hay preocupaciones de incompatibilidades derivadas de la formulación.
- Es una operación rápida.
- Puede realizarse con un tiempo de parada mínimo.

DESVENTAJAS

- Es económicamente más costoso.
- En muchos casos los antioxidantes resultan menores a lo esperado

Modelo de Condición de Oxidación

ETAPA 6: Estrategias de Acondicionamiento

Re-aditivación con Antioxidantes

VENTAJAS

- Es económicamente ventajoso. Sólo se paga por los antioxidantes y no por las moléculas de aceite base.

DESVENTAJAS

- Es más riesgoso. La concentración total de antioxidantes - sean activos o consumidos – aumenta. Pueden aumentar los barnices.
- Pueden haber incompatibilidades derivadas de interacción de antioxidantes.
- Requiere la intervención de un formulador experimentado y estudios de laboratorio extensivos, con costos asociados.

Modelo de Condición de Oxidación

ETAPA 6: Estrategias de Acondicionamiento

Re-aditivación con Antioxidantes

Para alcanzar alta confiabilidad, deben evaluarse la compatibilidad y performance, tanto del concentrado como del lubricante reformulado.

El formulador debe tener conocimiento extensivo sobre:

- Química del aceite base.
- Identidades de los paquetes antioxidantes y aditivos.
- Naturaleza de los depósitos formados en la turbina particular.

Modelo de Condición de Oxidación

ETAPA 6: Estrategias de Acondicionamiento

Se requieren exhaustivos ensayos de compatibilidad de lubricante:

- Propiedades físicas
- Propiedades funcionales : espuma, air release, demulsibilidad...
- Pronóstico acerca de la condición de oxidación resultante
- Formación de depósitos durante el añejado del reformulado.

Se requiere una gestión técnica post-intervención:

- Estricto monitoreo para asegurar operación segura y verificar los objetivos.
- Plan de contingencia para corregir imprevistos (formación de depósitos). De ejecución en corto plazo.

Modelo de Condición de Oxidación

Conclusiones

La mitigación de lacas y barnices es una práctica segura recomendada para aplicar desde el primer momento. Cuando el aceite está comprometido por bajo RPVOT y/o RULER, no es suficiente pero es un buen complemento a aplicar junto a otras estrategias.

La readitivación con antioxidantes es la opción preferida desde la perspectiva económica.

- ✓ Se logran excelentes resultados.
- ✓ Proyectos exitosos han multiplicado el período de operación de lubricante de turbina.

Sin embargo, esta práctica implica mayores riesgos y es generalmente planificada y ejecutada por servicios terceros expertos.

Modelo de Condición de Oxidación

Conclusiones (Cont.)



El **Refresco de Lubricante** es una práctica segura a aplicar en cualquier momento.

Cuando los servicios de readitivación y monitoreo de proyecto no están disponibles en la región. El **Refresco de Lubricante** es la práctica factible que ha demostrado buenos resultados.



Qué hemos aprendido en esta sesión

- Porqué la condición de oxidación del aceite es crítica para la confiabilidad de turbinas.
- Cómo hacer CBM basado en los ensayos de RULER, MPC y RPVOT.
- Cómo determinar la condición de oxidación del aceite en nuestra turbina.
- Cómo determinar si se requiere un refresco de lubricante y cómo estimar el refresco requerido.
- Otras estrategias para acondicionar el lubricante.



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD
★ C H I L E ★

¡GRACIAS!

Lic. Gabriel Lucchiari

Director Técnico – Laboratorio Dr. Lantos

glucchiari@lantos.com.ar - www.lantos.com.ar





Lic. Gabriel Lucchiari

Director Técnico – Laboratorio Dr. Lantos



**SI TIENES PREGUNTAS
O COMENTARIOS
¡No dudes en acercarte!**