



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
★ CHILE ★



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

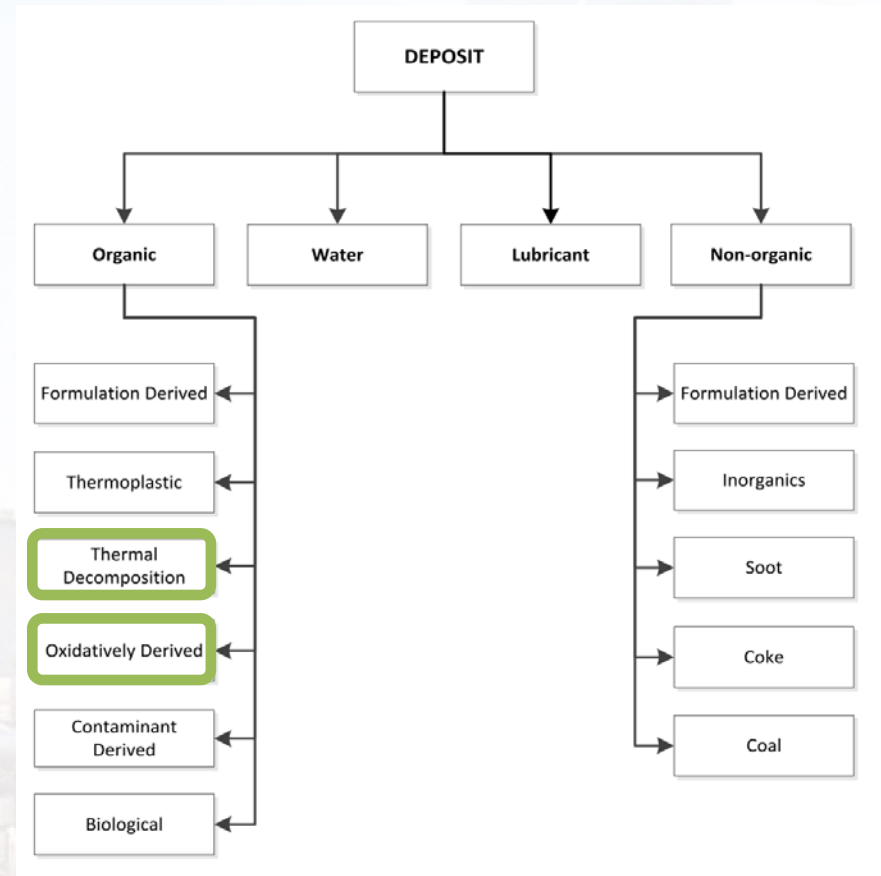
- Son equipos críticos para las centrales térmicas y la industria pesada.
- Equipos muy costosos que deben operar confiablemente.
- La pérdida de confiabilidad afecta directamente la generación y/o producción con grandes costos por incumplimientos contractuales.

# La Condición de Oxidación es crítica para la confiabilidad de Turbinas

- La Lubricación en turbinas es hidrodinámica
  - Película lubricante gruesa: 100μm
  - 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.



# ¿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?

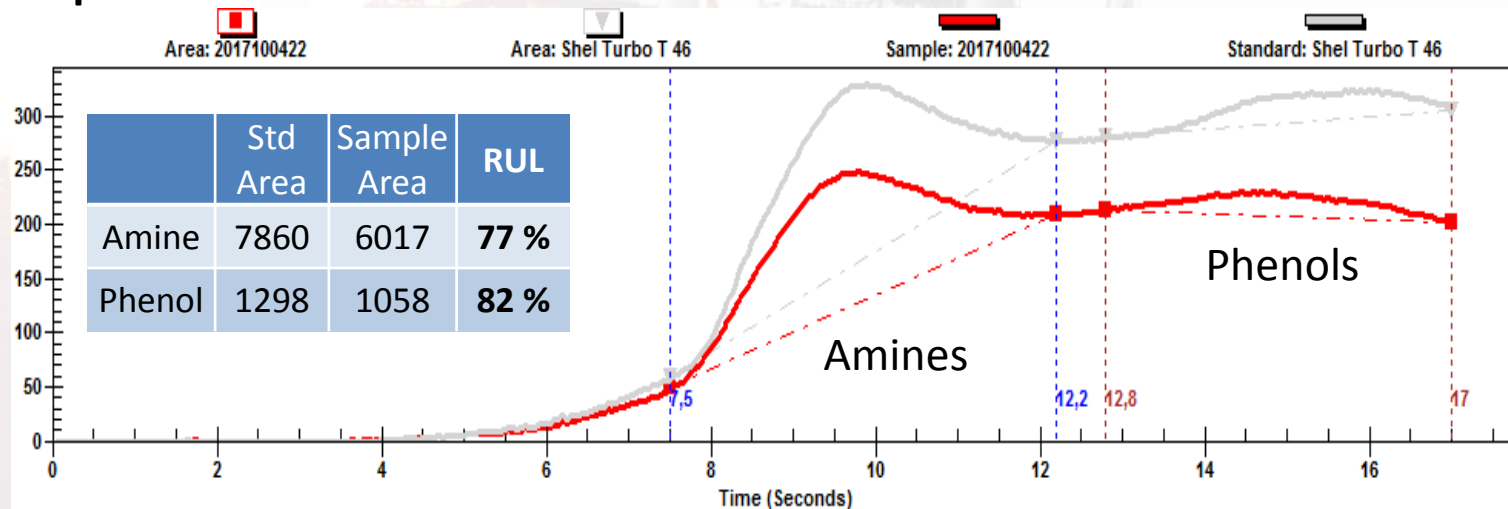
## **ANTIOXIDANTES; BARNICES; RESISTENCIA A LA OXIDACION**

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.**

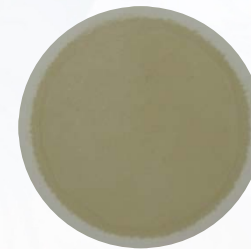
**MPC 20 – Alarma: Monitorear más seguido.**

**MPC 30 – Condena: Tomar acciones.**

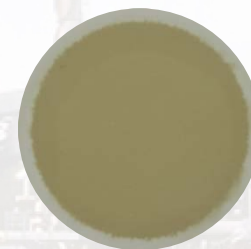
**MPC 50 – Crítico: Tomar acción inmediata.**



**MPC 15**  
Seguridad



**MPC 20**  
Alarma



**MPC 30**  
Condena

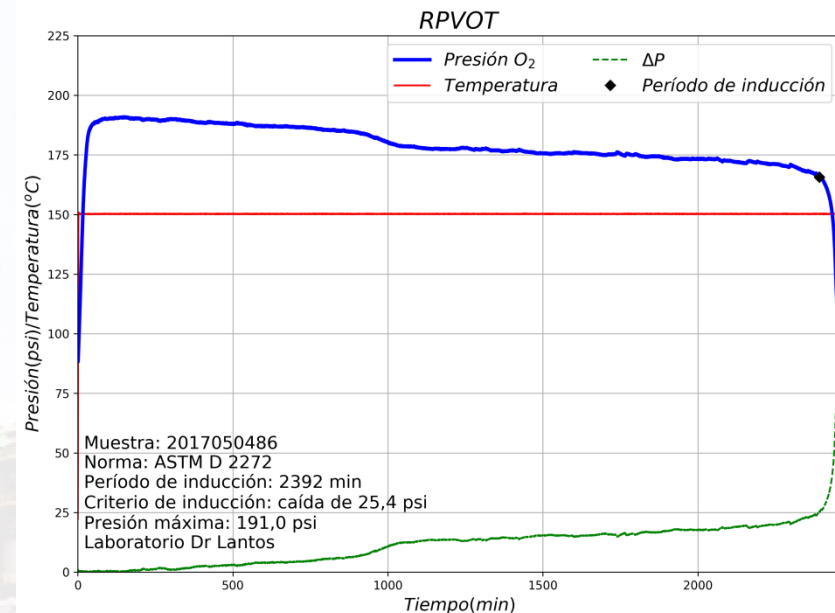


**MPC 50**  
Crítico



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

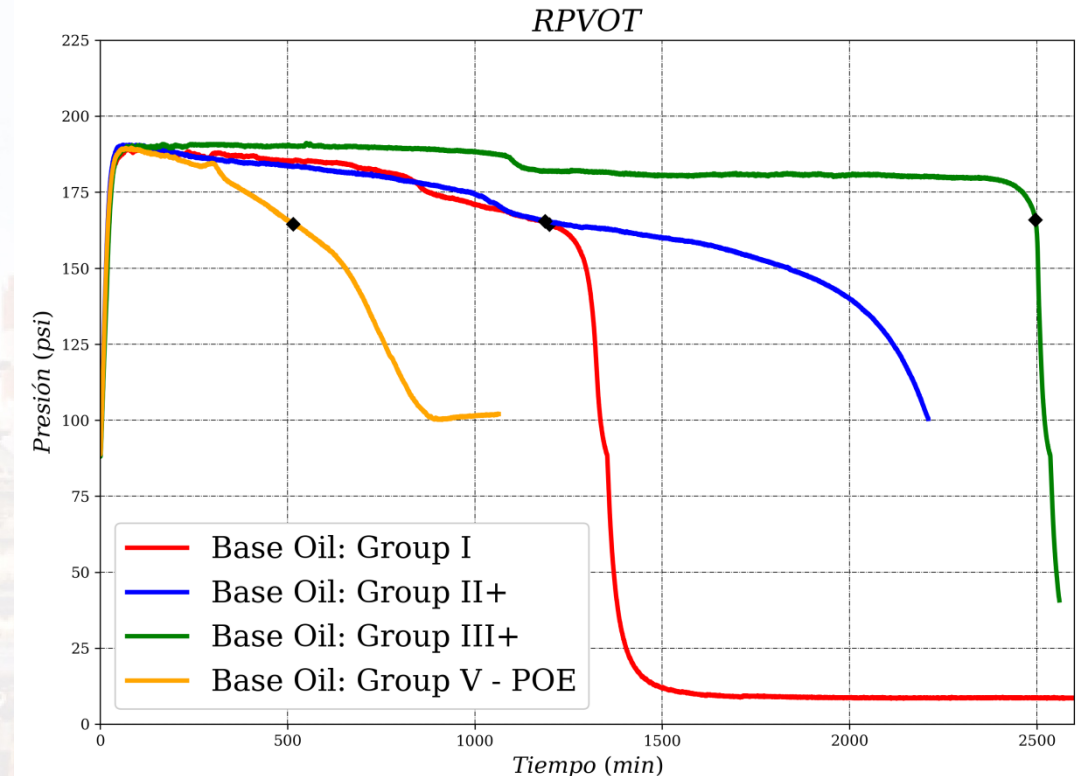
- Condiciones de Ensayo
  - 150°C
  - O<sub>2</sub> @ 190psi
  - Catalizador de Cobre
  - Agua



**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  $\Rightarrow$  Lubricante nuevo

0% Refresco  $\Rightarrow$  Lubricante en servicio



# Modelo de Condición de Oxidación

## ETAPA 1: Estudio de condiciones iniciales

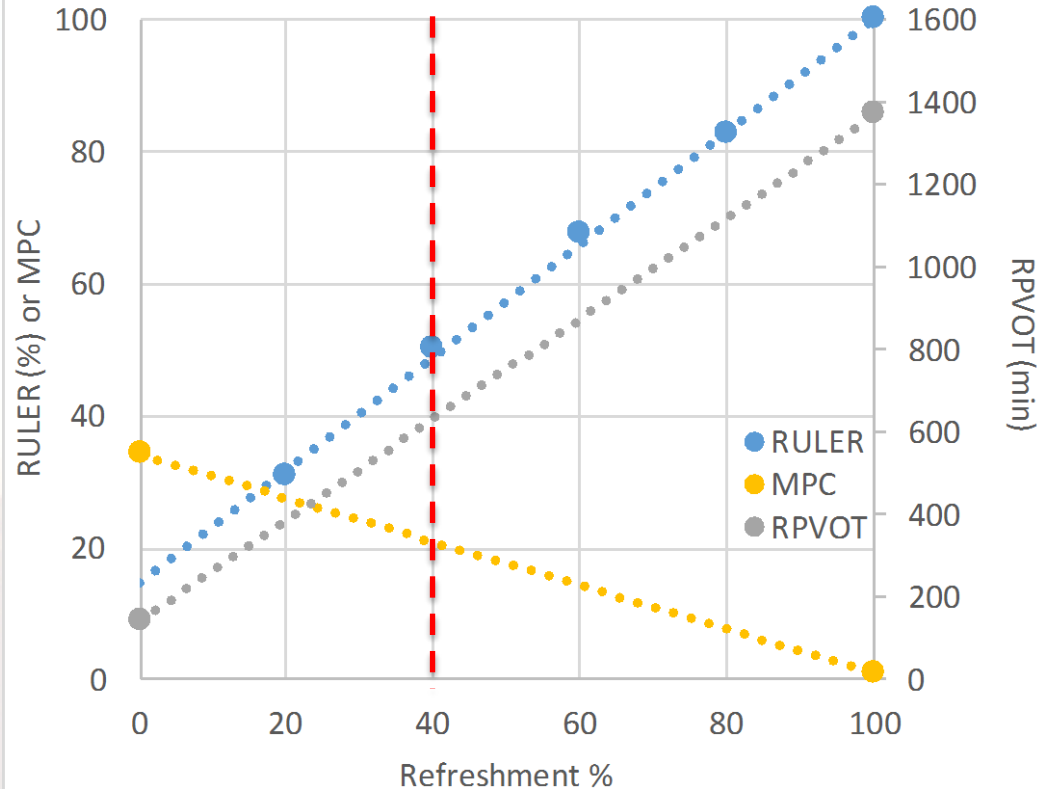
Se comienza  
analizando el estado  
de oxidación del  
lubricante en  
servicio y del  
lubricante nuevo

	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

Preliminary Refreshment Model



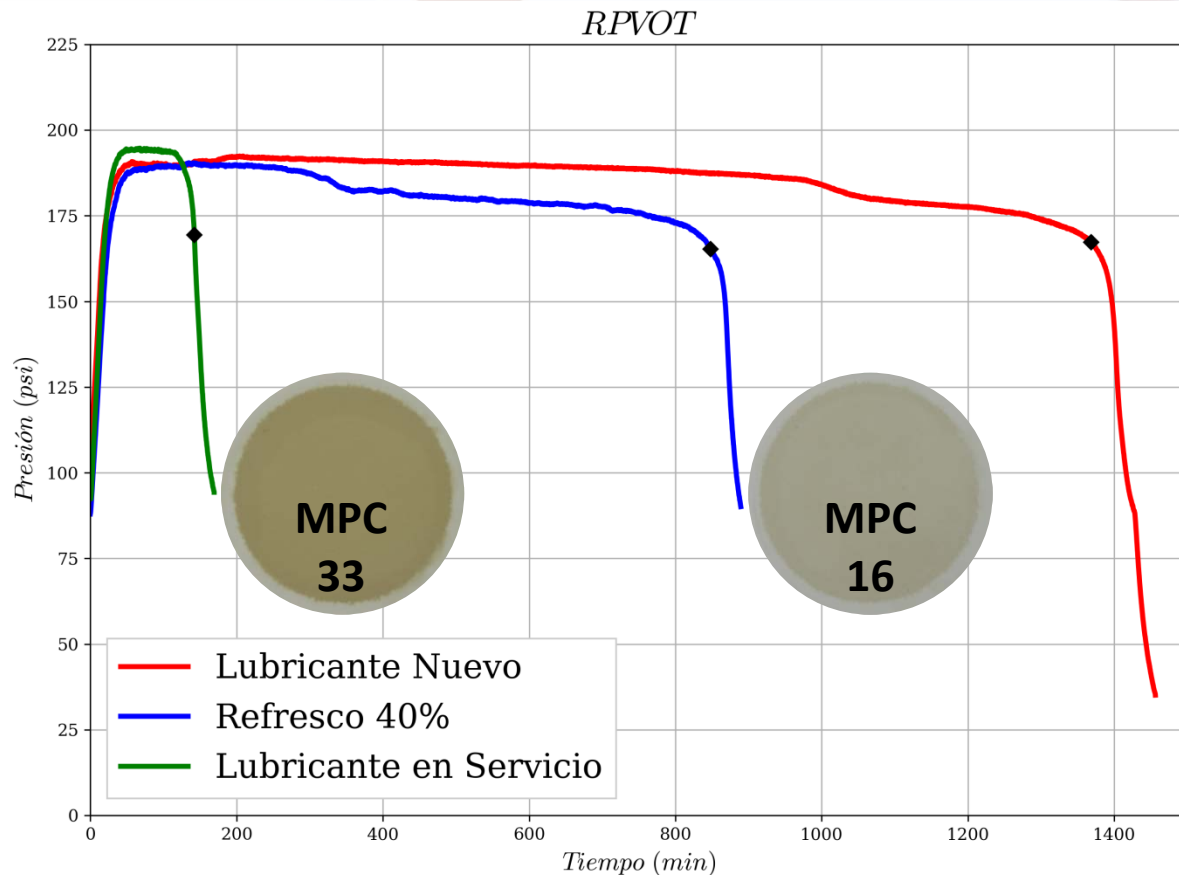
El modelo preliminar permite hacer una estimación gruesa del refresco requerido para satisfacer:

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

Esto se satisface con un refresco del 40%.

# Modelo de Condición de Oxidación

## ETAPA 3: Simulaciones Químicas

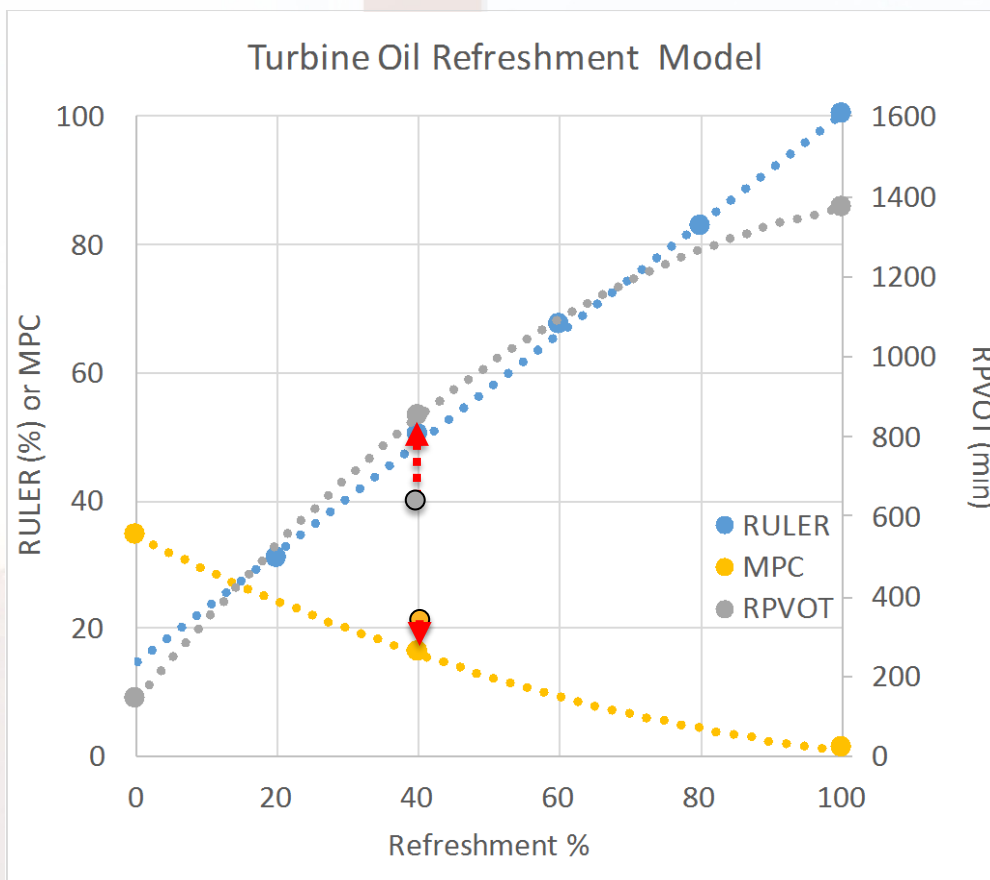


Para evaluar los estados intermedios entre el lubricante nuevo y el lubricante en servicio se realizan muestras de Refresco al 40% y se las somete a ensayos de RULER, RPVOT y MPC.



# Modelo de Condición de Oxidación

## ETAPA 4: Modelo Iterado de Condición

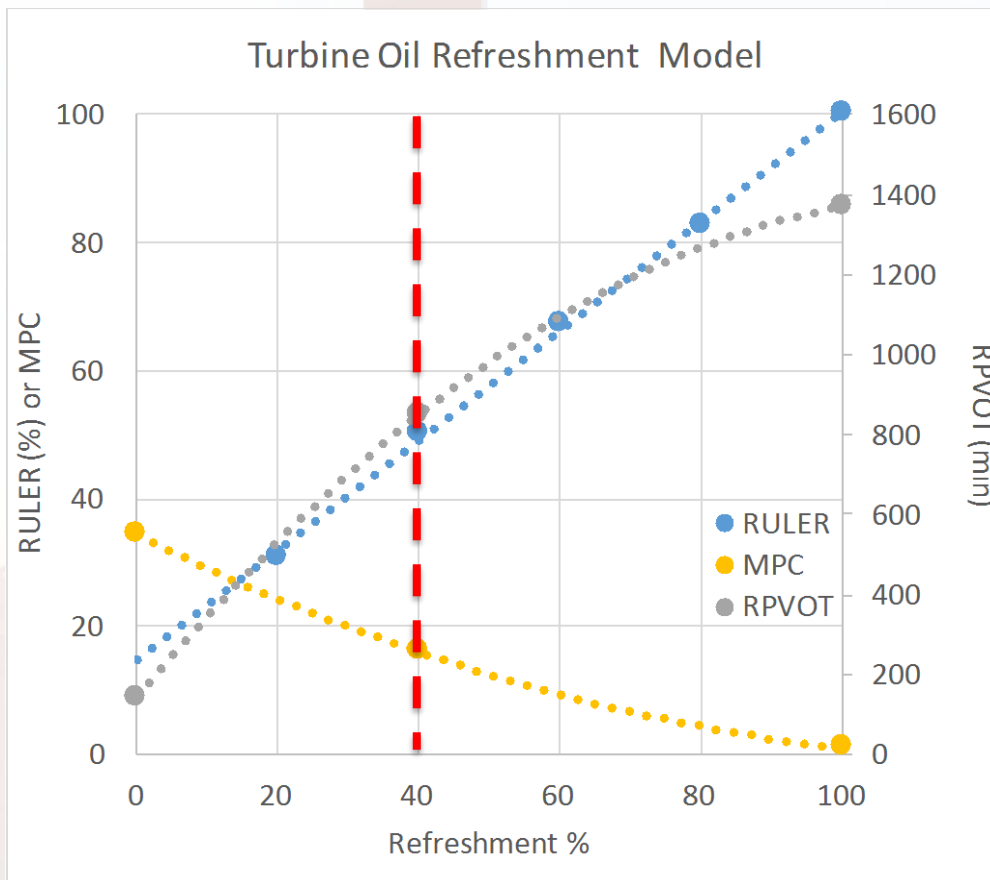


**RPVOT:** Aumenta de los esperados 600 min a 850 min experimentales. La diferencia indica que el lubricante presenta degradación del aceite base.

**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 Refresco



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.



# ¡GRACIAS!

***Lic. Gabriel Lucchiari***

*Director Técnico – Laboratorio Dr. Lantos*

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



ORGANIZADO POR:





***Lic. Gabriel Lucchiari***

*Director Técnico – Laboratorio Dr. Lantos*

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