

TOTAL ENERGIES - SAN ROQUE

51-M-4601 - Falla en cojinete y sellos

Caso de Estudio

Se recibe un cojinete plano de material tipo babbit, casquete superior e inferior, correspondiente al motor identificado como 51-M-4601, y los sellos laberínticos, de material no metálicos que se encuentran del lado motor y del lado atmósfera (los mismos no se encontraban identificados). La lubricación del cojinete se da en la caja porta cojinete. La lubricación es por salpicadura, no presurizada, y se cuenta con un anillo de empuje que arrastra el lubricante de la caja. La caja cuenta con un ojo de buey para determinar el nivel de aceite. Al momento de la falla, desde el campo indican que la caja se quedó sin aceite y empezó a despedir humo. Se busca determinar causa raíz de la falla de los tres componentes.

Resumen Ejecutivo

La información suministrada no es suficiente para concluir la causa raíz de la falla. No obstante se encuentran fuertes evidencias de desalineación del eje respecto al cojinete y a los sellos, y una condición de lubricación marginal que genera una fricción elevada en los pares deslizante, provocando fusión y barrido de metal blanco de cojinetes, y degradación de sellos.

La condición de lubricación marginal puede originarse en sellos desgastados por alta fricción debido a la desalineación, que permitieron la fuga de aceite. En contraposición, la desalineación puede no ser causa, sino consecuencia de una fuga de aceite, que en un estado de lubricación marginal induce al agarre del cojinete, y desalineación del eje.

Se descarta la posibilidad de descargas eléctricas en el lateral del cojinete.

Se sugiere revisar la alineación del equipo.

Comentarios

- Se encuentran eventos de fricción tanto en el cojinete como en los sellos, que llevan a la fusión y barrido de material en el primer caso, y degradación y calcinamiento de los últimos.
- Se encuentran indicios de desalineación del eje, evidenciado en el desgaste desigual a ambos lados del cojinete, sobre las caras laterales (casquete inferior- cara frontal, casquete superior - cara anterior). Así mismo se evidencia un desgaste localizado en la tapa frontal porta sello.
- La desalineación del componente, conlleva elevada fricción entre los pares deslizantes, en este caso, cojinete-eje y sellos-eje. La degradación térmica de sellos debido a fricción es compatible con este proceso y podría causar la pérdida de aceite observada.

- La pérdida de aceite lleva a una condición de lubricación marginal sobre la superficie de deslizamiento del cojinete que concluye en la fusión y barrido del metal blanco.
- Se observan marcas de quemado y fusión de material en el eje también.
- El análisis de aceite al momento de la falla, evidencia una fuerte degradación del mismo, con valores de viscosidad muy elevados, así como también de acidez y oxidación. Esta degradación está causada por la elevada temperatura producto de la alta fricción entre componentes.



Ing. Agustin Ávalos
Investigador I+D

Inspección Visual

Se encuentra en el casquete inferior, indicios de alta fricción y fusión de material sobre el lateral de dicho casquete (figura 1), en la cara frontal (lado atmósfera). Se encuentran también sobre la superficie de deslizamiento, desplazamiento y fusión de material debido a una alta fricción con el eje del motor (figura 2).



Figura 1

Se observa evidencia de alta fricción y barrido de material sobre el lateral de la cara anterior (lado motor, figura 3), del casquete superior. Además, sobre la superficie interna de dicho casquete, se encuentran también indicios de fricción y de fusión de material, hacia la cara anterior (figura 4).

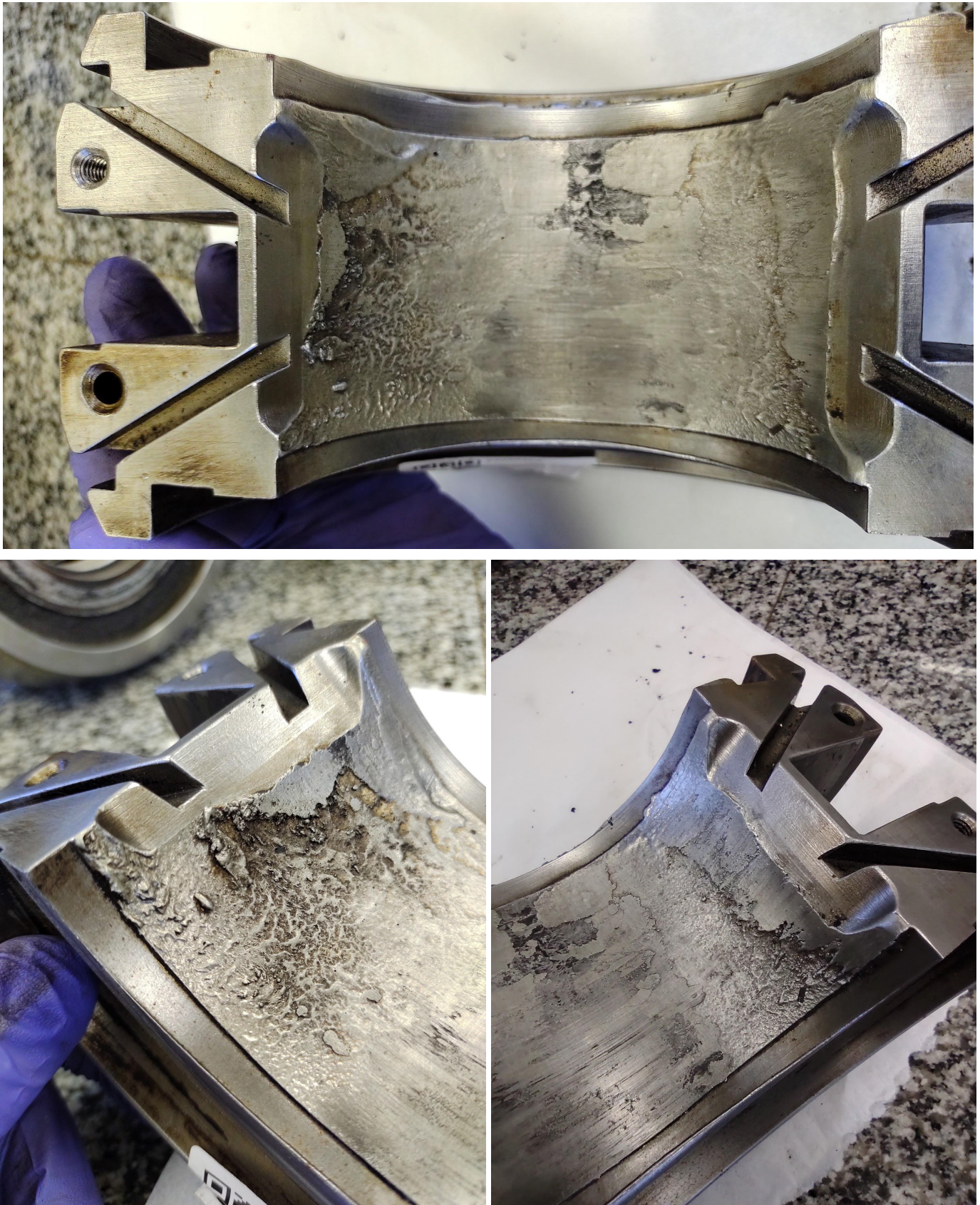


Figura 2



Figura 3



Figura 4

Los sellos se encuentran altamente deteriorados. El material se encuentra ennegrecido por altas temperaturas, indicando eventos de alta fricción (figura 5). Esto se observa tanto sobre los laterales como sobre el laberinto. Particularmente se observa un desgaste preferencial sobre una de las mitades de cada sello. Se encuentran también indicios de desgarro del material, sobre el lateral de uno de los sellos (fig. 6).



Figura 5



Figura 6

Inspección de las fotografías provistas por el cliente

El cliente provee el esquema de la caja portacojinete, donde se identifica la localización de los componentes analizados (figura 7). También provee captura de imágenes de campo de dicho sector posterior a la falla. En la figura 8 se identifica el sello anterior (lado motor), la ubicación del sello frontal (lado atmósfera), y el casquete inferior. Éste último se encuentra emplazado entre dos crestas del eje. Adicionalmente se identifica el anillo de empuje de lubricación en el centro del casquete inferior.

En la figura 9 se observa la localización del sello frontal ubicado en la tapa frontal porta sello, previo a su remoción.

A lo largo de la superficie del eje se distinguen bandas de barrido de material debido a la fricción (zona de cojinete y tapa frontal porta sello), y bandas de alta temperatura.

A nivel del sello frontal se observa barrido y fusión de material, indicando un proceso de deslizamiento con alta fricción. El barrido y desplazamiento de material también se observa en la tapa porta sello, como se indica en la figura 9, donde se forma una cresta de material desplazado hacia el interior de la tapa. Esta cresta entra en contacto con el sello que se encuentra próximo, pudiendo haber ocasionado el desgarro de material identificado en la inspección visual de éste último.

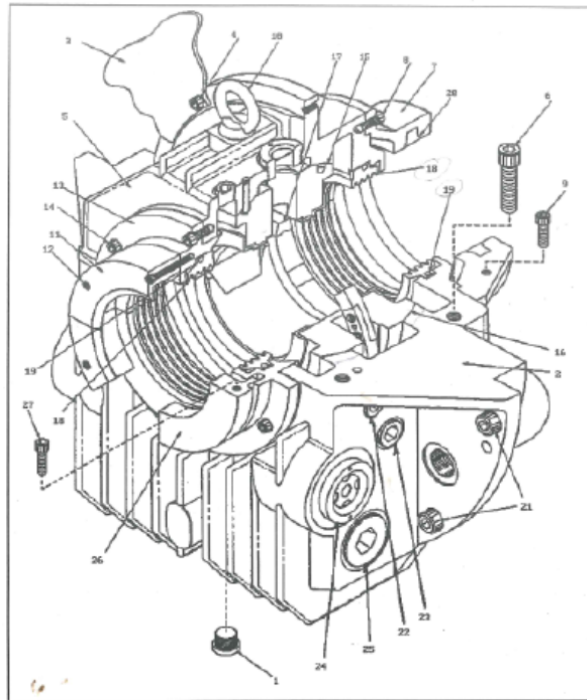


Figura 7

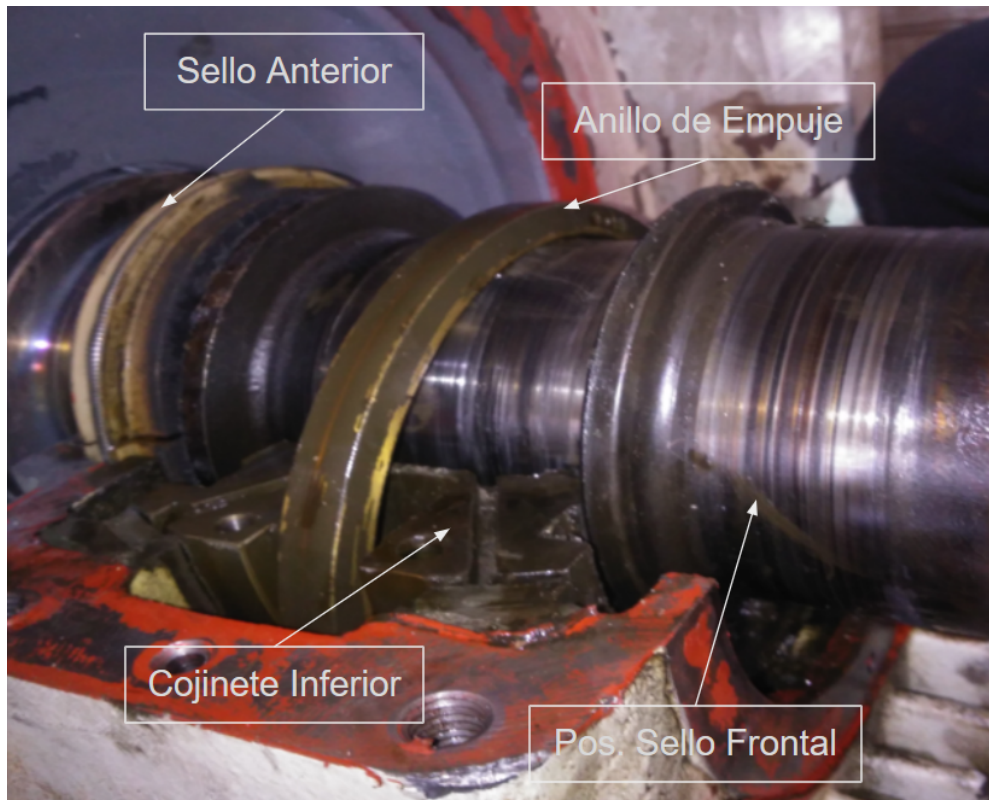


Figura 8

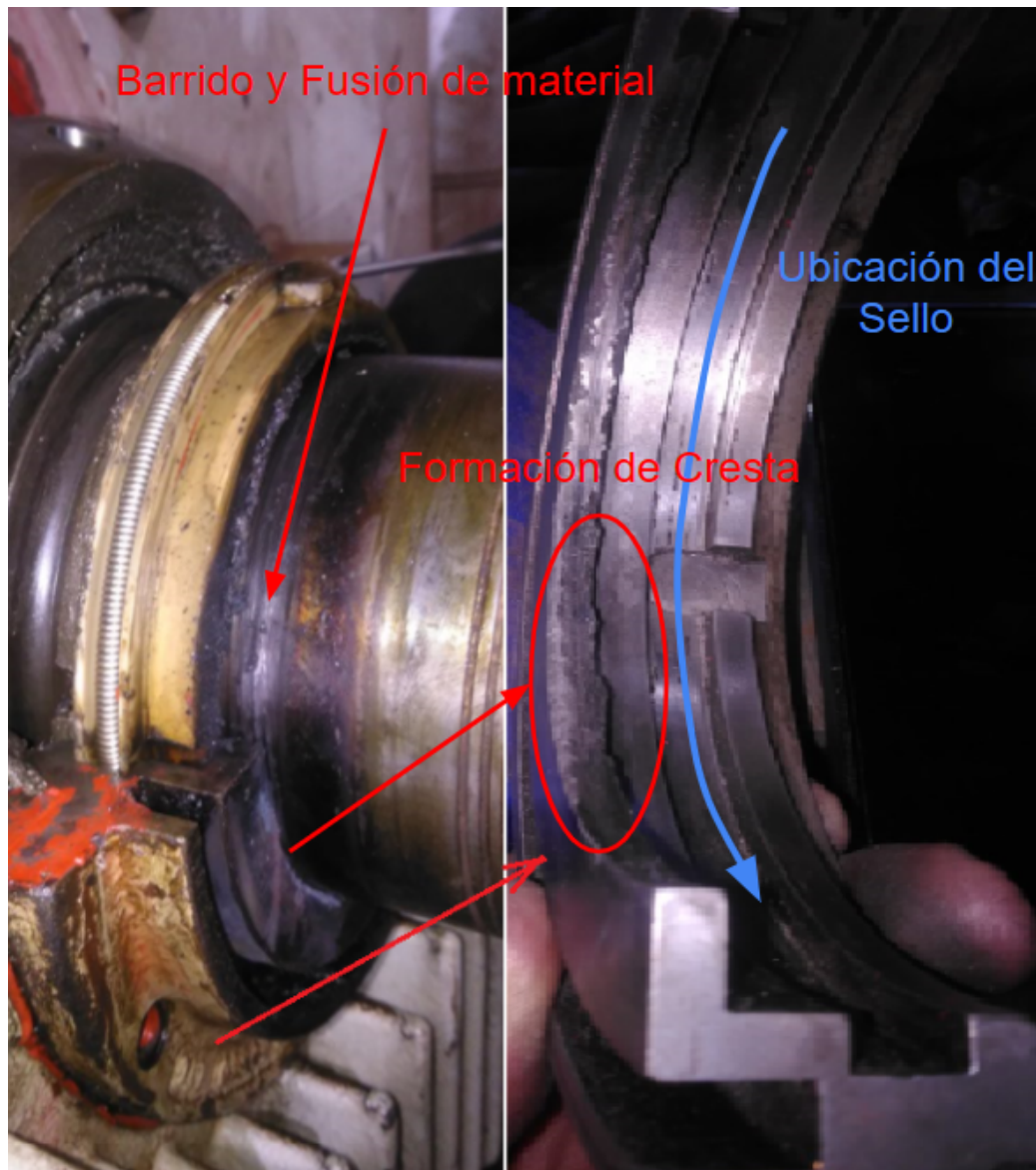


Figura 9

Integrando los registros visuales y las observaciones realizadas, se sugiere que en el mecanismo de falla se encuentra presente un factor de desalineación. El desgaste marcado en los laterales del cojinete indican que los mismos entraron en contacto con una superficie opuesta, generando alta fricción. La superficie opuesta, a ambos lados, son las crestas del eje. Por otro lado, el daño que se observa en los laterales del cojinete se encuentran en extremos opuestos, es decir, en el casquete inferior el daño se encuentra del lado frontal, mientras que el casquete superior, del lado equipo. Si el eje se encontrara desalineado inclinado hacia el lado frontal de la caja porta cojinete, se encontrarán puntos de contacto como se indican en la figura 10.

Esta inclinación también provocaría el desgaste observado en el porta sello frontal. La generación de altas temperaturas resultantes del proceso de fricción podrían haber contribuido a la degradación de los sellos.

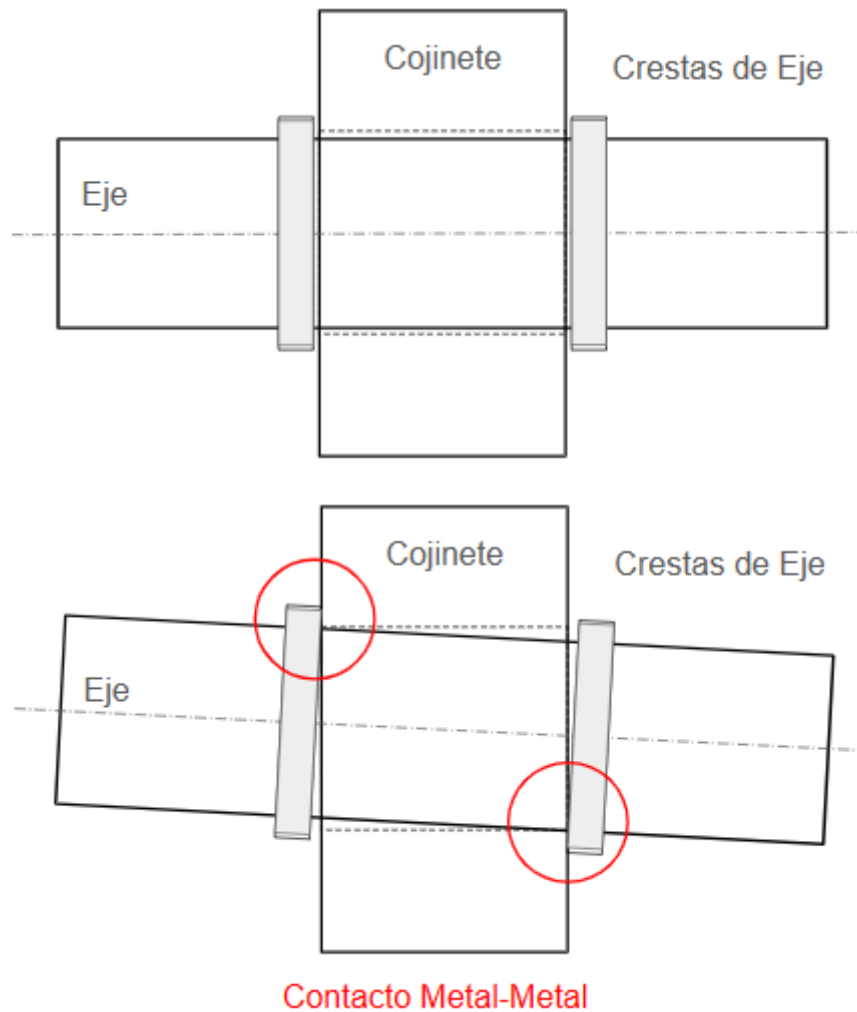


Figura 10

Analitos del aceite

Al comparar el aceite al momento de la falla con el aceite sin uso (24 horas luego de la falla), se evidencia un notable incremento en la viscosidad, alcanzando un grado ISO VG 68, un grado superior al identificado por el producto comercial. Se observa también un incremento en los parámetros de acidez, con un TAN muy alto, y un pH muy ácido. Así mismo, el índice de oxidación revela una condición de oxidación crítica. Estos son indicios de una degradación del aceite. Esto puede deberse a las altas temperaturas que se generaron debido a la fricción entre componentes desalineados.

Muestra	Visco. 40°C	Visco. 100°C	Grado ISO VG	TAN	pH	Oxidación
23080368 - Al momento de falla	71,29	8,991	68	3,87	2,60	31,90
23090369 - 24hs luego de falla	45,46	6,694	46	0,37	6,20	2,50

03/01/2024

SEÑORES: TOTAL AUSTRAL S.A.

Moreno 877 Piso 20

1091 - CABA - Ciudad Autónoma de Buenos Aires

INFORME DE ENSAYO
Informe Nro 052009-01 - Complementario

Información suministrada por el cliente:

Descripción								
Rótulo	AL MOMENTO DE FALLA	24 posterior a la falla	-	-	-	-	-	-
Planta	SAN ROQUE	SAN ROQUE	SAN ROQUE	SAN ROQUE	SAN ROQUE	-	-	-
Equipo	MK-4650 - WEG - MOF 450 E - 91579 05 01	MK-4650 - WEG - MOF 450 E - 91579 05 01	MK-4650 - WEG - MOF 450 E - 91579 05 01	MK-4650 - WEG - MOF 450 E - 91579 05 01	MK-4650 - WEG - MOF 450 E - 91579 05 01	-	-	-
Componente	Sistema Hidráulico	Sistema Hidráulico	Cojinete Mecánico	Sello Laberíntico	Sello Laberíntico	-	-	-
Lubricante	YPF HIDRAULICO BP 46	YPF HIDRAULICO BP 46	Genérico Cojinete Mecánico	Genérico Sello Laberíntico	Genérico Sello Laberíntico	-	-	-
hs Equipo	-	-	-	-	-	-	-	-
hs lub.	-	-	-	-	-	-	-	-
Muestra Extraída	04/07/2023	04/07/2023	Sin info	Sin info	Sin info	Sin info	Sin info	Sin info
Muestreado	Realizado por el cliente	Realizado por el cliente	Realizado por el cliente	Realizado por el cliente	Realizado por el cliente			
Muestra Nro	23080368	23080369	23080365	23080366	23080367			

Fecha Recepción	09/08/2023	09/08/2023	09/08/2023	09/08/2023	09/08/2023
Fecha inicio ensayos	11/08/2023	11/08/2023	03/01/2024	03/01/2024	03/01/2024
Fecha fin ensayos	07/09/2023	07/09/2023	03/01/2024	03/01/2024	03/01/2024

			<u>23080368</u>	<u>23080369</u>			
			<u>AL</u>	<u>24 posterior a</u>	<u>23080365</u>	<u>23080366</u>	<u>23080367</u>
<u>PROPIEDADES FÍSICAS</u>			<u>MOMENTO</u>	<u>la falla</u>			
			<u>DE FALLA</u>				
Viscosidad a 100°C	ASTM D7279	mm ² /s (cSt)	8,991	6,694			
Viscosidad a 40°C	ASTM D7279	mm ² /s (cSt)	71,29	45,46			
Índice de viscosidad	ASTM D2270		99	99			
Grado ISO VG	ISO 3448		68	46			

			<u>23080368</u>	<u>23080369</u>			
			<u>AL</u>	<u>24 posterior a</u>	<u>23080365</u>	<u>23080366</u>	<u>23080367</u>
<u>ESTABILIDAD QUÍMICA</u>			<u>MOMENTO</u>	<u>la falla</u>			
			<u>DE FALLA</u>				
Número Ácido - TAN	ASTM D974	mgKOH/g	3,87	0,37			
pH inicial	ASTM D974		2,60	6,20			
TAN - Acidez mineral	ASTM D974		+	-			
Sustancias oxidadas	Blotter test		Ausencia	Ausemncia			
Sólidos insolubles	Blotter test		Presencia	Escasos			

23080368



23080369



Análisis espectrométrico (aditivos)

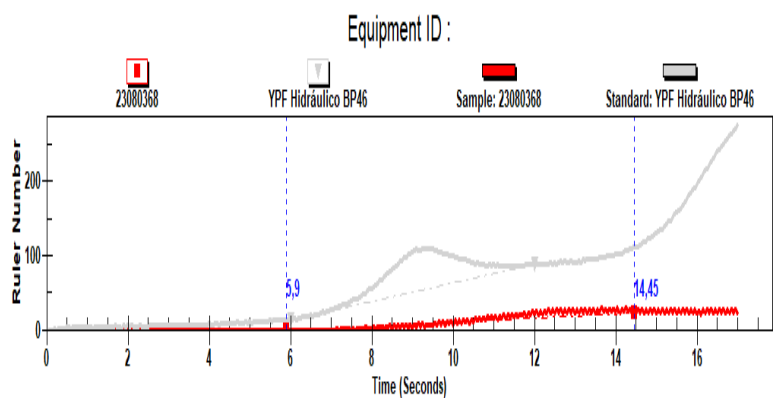
Elemento	Norma	Unidad	Resultado	Límite
Magnesio - Mg	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	6
Zinc - Zn	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	85	281
Fósforo - P	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	172	232
Calcio - Ca	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	4	43
Boro - B	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Molibdeno - Mo	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1

CONDICIÓN DE OXIDACIÓN

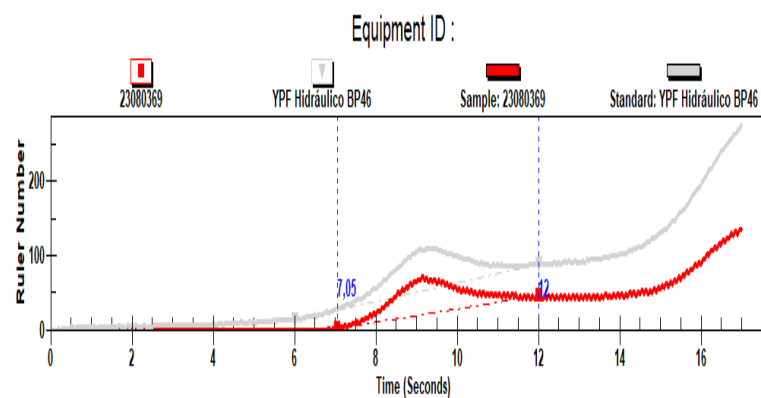
			<u>23080368</u>	<u>23080369</u>	<u>23080365</u>	<u>23080366</u>	<u>23080367</u>
			<u>AL</u>	<u>24 posterior a</u>			
			<u>MOMENTO</u>	<u>la falla</u>			
			<u>DE FALLA</u>				
Oxidación	ASTM E2412	Abs/0,1mm	31,90	2,50			
Nitración	ASTM E2412	Abs/0,1mm	5,00	2,00			

Antioxidante amínico remanente	ASTM D6971	%	5,90	74,00
Antioxidante fenólico remanente	ASTM D6971	%	<5	92,30

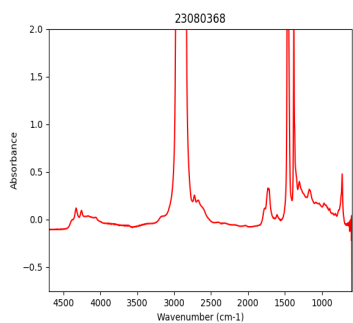
23080368



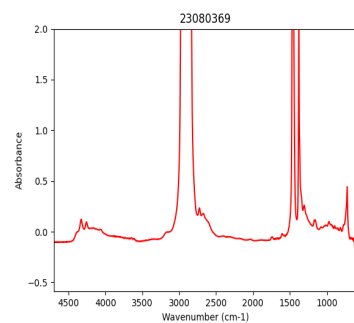
23080369



23080368



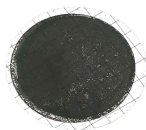
23080369



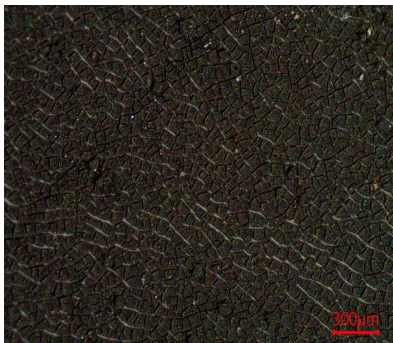
CONTAMINANTES

			<u>23080368</u>	<u>23080369</u>			
			<u>AL</u>	<u>24 posterior a</u>	<u>23080365</u>	<u>23080366</u>	<u>23080367</u>
			<u>MOMENTO</u>	<u>la falla</u>			
			<u>DE FALLA</u>				
Agua (Karl Fischer)	ASTM D6304(b)	mg/kg (ppm)	374,9	142,5			
Agua	M.I. - Agua crackle	ml/100ml %	< 0,05	< 0,05			
Densidad Ferrosa - PQI	ASTM D8184		43	162			
Sedimentos (0,8µm)	ISO 4405	mg/100ml	104,00	27,00			
Volumen Filtrado	ISO 4405	ml	5	10			

23080368



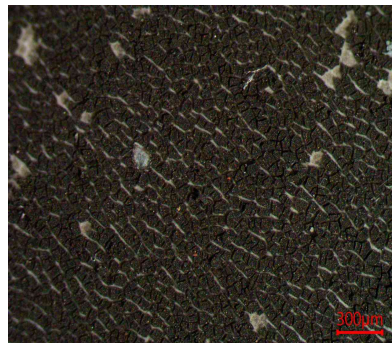
23080368



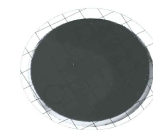
23080368



23080368



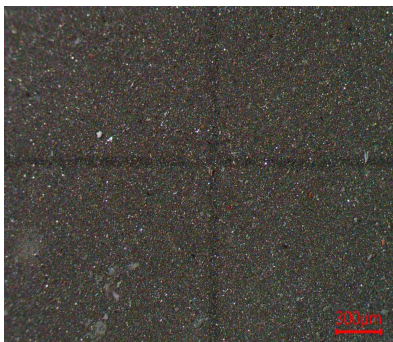
23080369



Presenta:

- Escasas partículas metálicas no ferrosas de hasta 20µm.
- Escasa herrumbre.
- Abundante hollín.
- Escasas partículas cristalinas de hasta 30µm.
- Escasas fibras.
- Impurezas no identificadas.

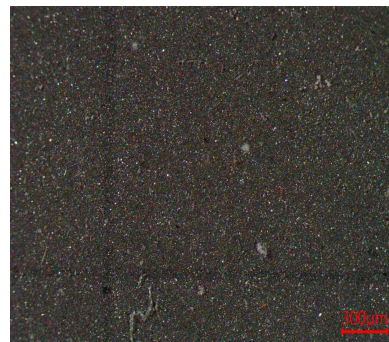
23080369



23080369



23080369



Presenta:

- Apreciables partículas metálicas ferrosas de hasta 90µm.
- Escasa herrumbre.
- Abundante hollín.
- Escasas partículas carbonosas de hasta 50µm.
- Escasas partículas cristalinas de hasta 30µm.
- Escasas fibras.
- Escasa materia resinosa coloidal.
- Impurezas no identificadas.

Análisis espectrométrico (desgaste)

Cobre - Cu	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	15	5
Hierro - Fe	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	30	5
Cromo - Cr	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Níquel - Ni	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Manganeso - Mn	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Estaño - Sn	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	756	45
Plomo - Pb	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Plata - Ag	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Aluminio - Al	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1

Análisis espectrométrico
(contaminantes)

Silicio - Si	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	8	8
Sodio - Na	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Litio - Li	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Potasio - K	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Bario - Ba	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Titanio - Ti	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Vanadio - V	ASTM D5185	mg/kg (ppm)	< 1	< 1

Conteo de partículas por ml

> 04µm	ASTM D7647	en 1 ml	335350
> 06µm	ASTM D7647	en 1 ml	75904

> 10µm	ASTM D7647	en 1 ml	1688	
> 14µm	ASTM D7647	en 1 ml	159	
> 21µm	ASTM D7647	en 1 ml	11	
> 38µm	ASTM D7647	en 1 ml	1	
> 70µm	ASTM D7647	en 1 ml	0	
> 100µm	ASTM D7647	en 1 ml	0	
Código ISO de limpieza	ISO 4406		26/23/14	PVM
Código AS 4059 (Diferencial)	AS 4059		>12/9/8/5/7	
Clase AS 4059 (Diferencial)	AS 4059		>12	

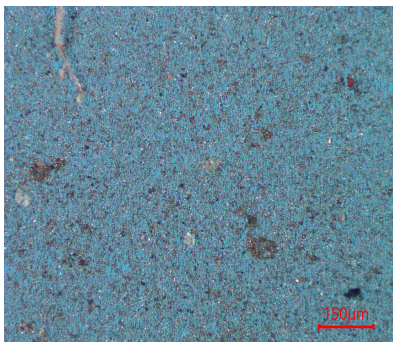
Filtrografía analítica

Análisis SEM - EDS	MI008	Adjunto	Adjunto	adjunto	adjunto	adjunto
--------------------	-------	---------	---------	---------	---------	---------

ENSAYOS ADICIONALES

Ferrografía analítica	MI026	<u>23080368</u>	<u>23080369</u>	<u>23080365</u>	<u>23080366</u>	<u>23080367</u>
		<u>AL</u>	<u>24 posterior a</u>			
		<u>MOMENTO</u>	<u>la falla</u>			
		<u>DE FALLA</u>				
		Adjunta	Adjunta			

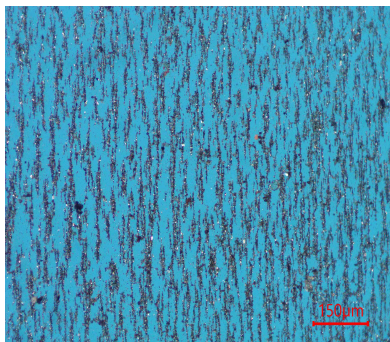
23080368



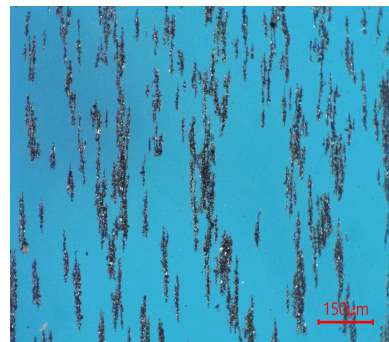
Presenta:

- Abundantes partículas metálicas ferrosas de hasta 5µm.
- Apreciables partículas metálicas ferrosas tipo láminas de hasta 15µm.
- Apreciable herrumbre.
- Escasas partículas carbonosas de hasta 15µm.
- Escasas partículas cristalinas de hasta 40µm.
- Impurezas no identificadas.

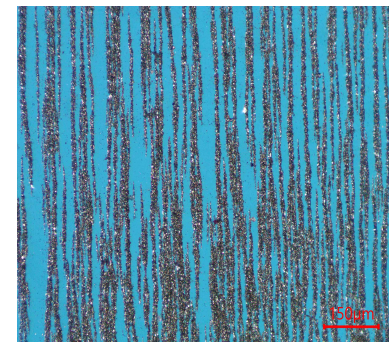
23080368



23080368



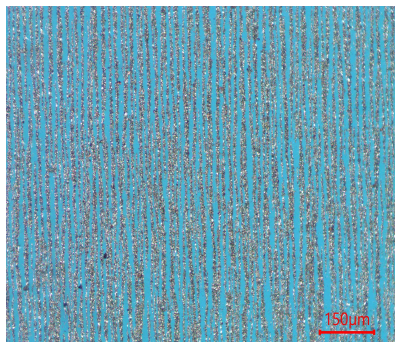
23080369



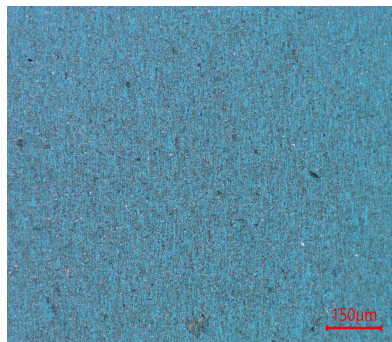
Presenta:

- Abundantes partículas metálicas ferrosas de hasta 5µm.
- Apreciables partículas metálicas ferrosas tipo láminas de hasta 15µm.
- Escasas partículas carbonosas de hasta 15µm.
- Impurezas no identificadas.

23080369



23080369



Dr. Andrés Lantos
Vicepresidente
Ciencia y Tecnología

(S) Modificación y reemplazo del informe de versión anterior.

Los datos informados se refieren a la muestra analizada, como fue recibida. El Laboratorio no se responsabiliza por la información suministrada por el cliente. Se autoriza solamente la reproducción total del presente informe. El Laboratorio no se responsabiliza por la Impresión ni uso posterior de la información del mismo.

Toda información surgida a partir del análisis de la muestra en cuestión, es de carácter confidencial entre el cliente y el Laboratorio, según la Ley N°24.766. No se divulgará ninguna información acerca de la misma, solo con el consentimiento del cliente. Cualquier otra información se considera información del propietario y se considerará confidencial. Ante requerimientos legales, el cliente será debidamente informado, excepto que dicha acción se encuentre prohibida por ley.

***** FIN DEL INFORME *****