



CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD M É X I C O



ORGANIZADO POR:





Jesús Terradillos

IK4-TEKNIKER | SPAIN

MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES ESTACIONARIOS DE GAS



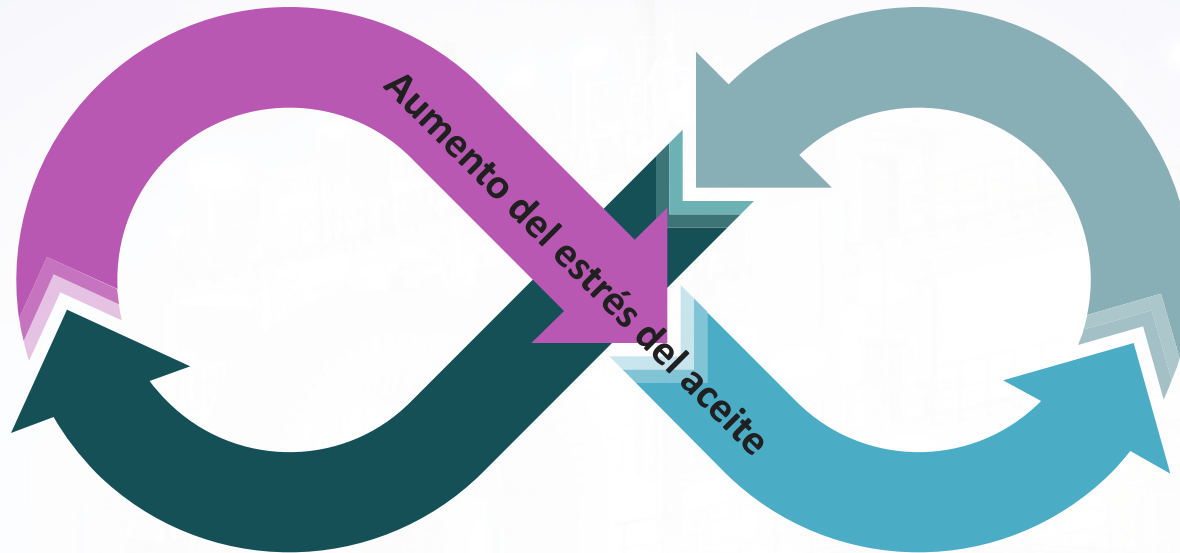
Contenido

- Generación energética con motores de gas
 - Composición del gas (combustible)
 - El rol del aceite
 - Análisis de datos
 - Caso de estudio
-

GENERACIÓN ENERGÉTICA CON MOTORES DE GAS

5000M€ en 2021

Generación energética con motores de gas



Unidades en servicio

20,000

OEM's

35

90% Mercado

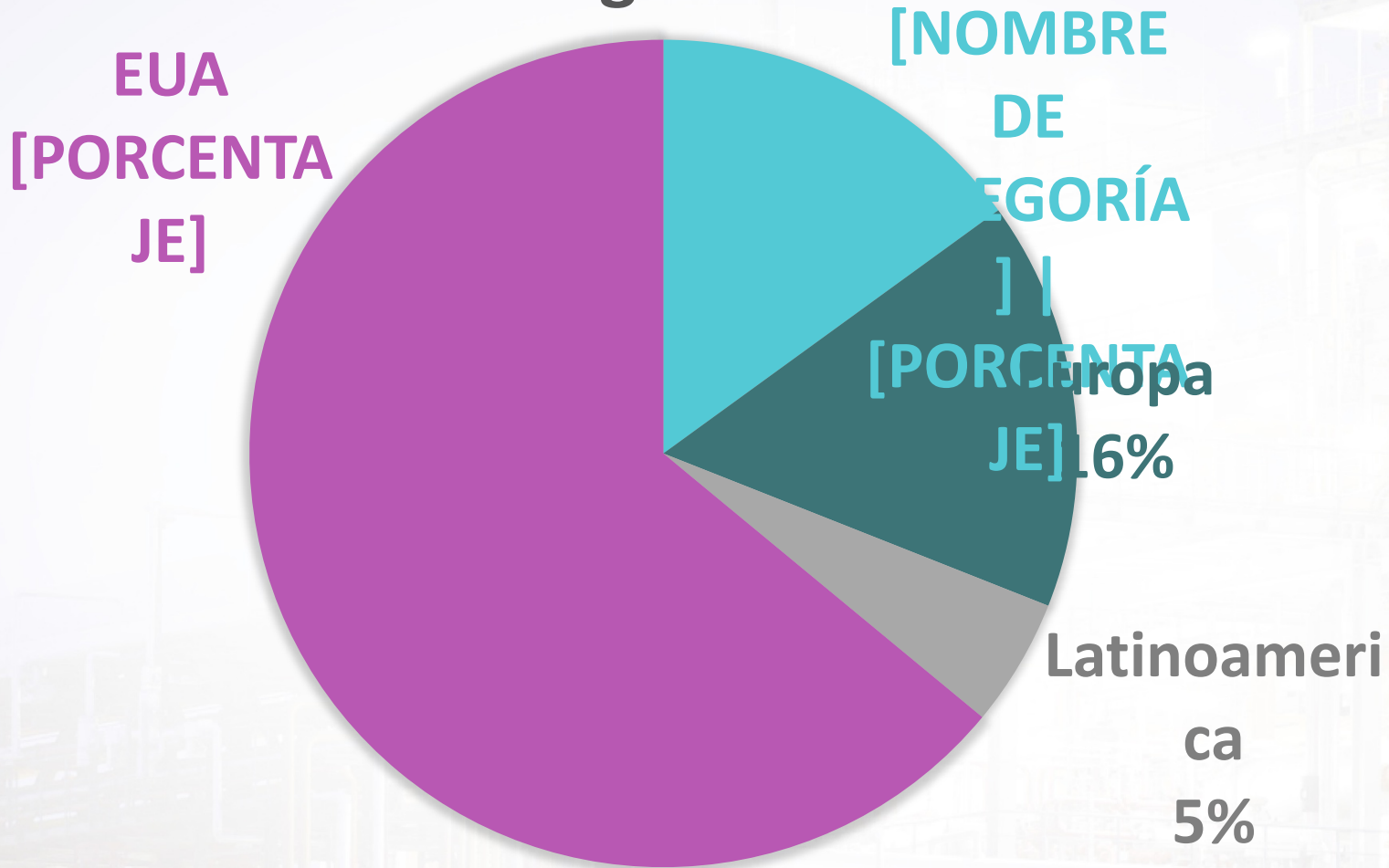
8 OEM's

Gases

Diferente
composición

Mercado global de aceites de motores de gas

mercado global 365 000 Tn



Generación energética con motores de gas

PRESIÓN REGULATORIA

Se requiere del uso de SCR
(selective catalyst reduction) para
reducir CO

Límites de emisiones más severos
establecidos por TA Luft aplicados
en Alemania y otros países
europeos

COMBUSTIBLES

Las bolsas de petróleo contienen
otros gases
(butano, etano, propano) además
de metano

El Biogas (digester) se usa cada vez
más / Afecta a la lubricación y a la
durabilidad del motor

El gas de vertedero es muy usado
en Europa / siloxanos: desgaste en
cilindros y válvulas

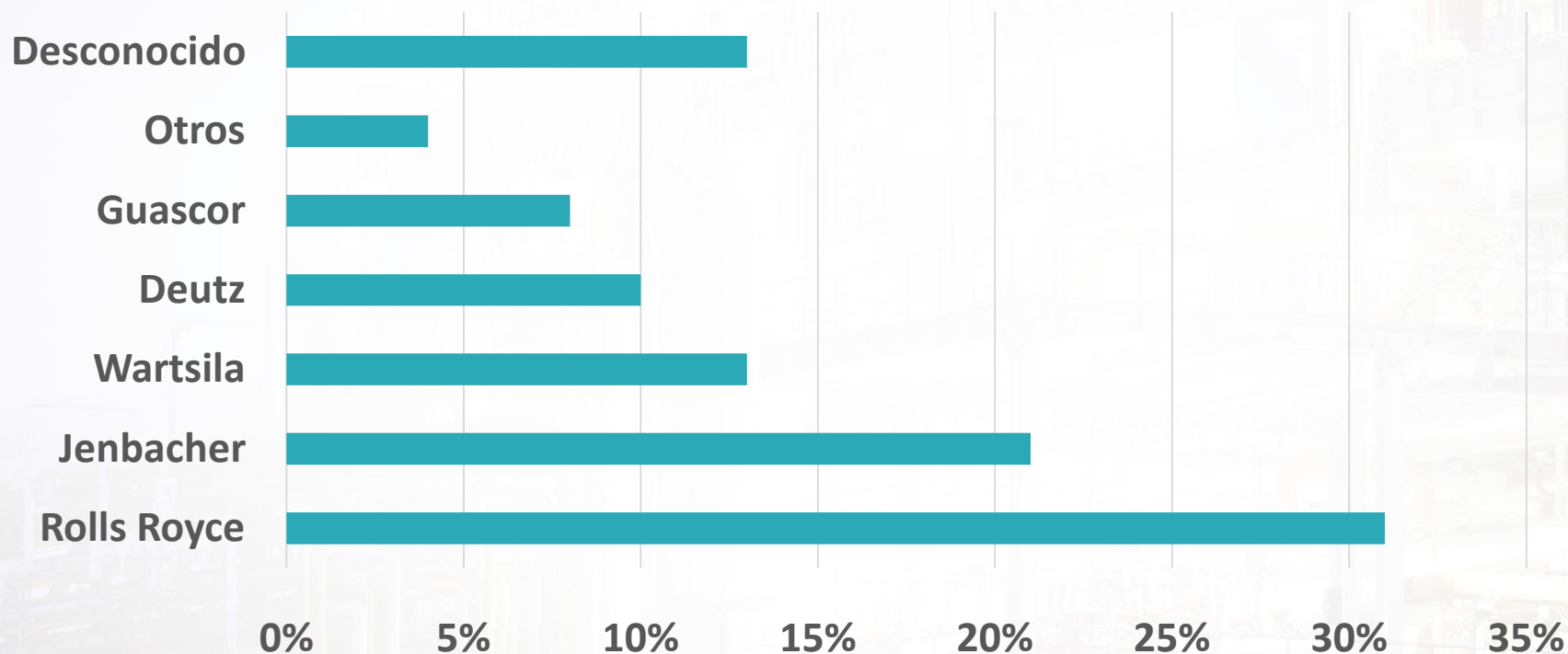
Necesidad de aceites de más altas prestaciones

Motores diesel-motores gas estacionarios

	Motor diesel	Motor gas estacionario
Combustible	Líquido	Gas
Operación	Start/stop	Continuo
Ciclo de carga	Variable	Constante y alto
Temperatura de combustión	Alta	Más alta
Intervalo de cambio de aceite	10-50000 km	2000-4000 h
Volumen de aceite en tanque	30-50 litros	400-500 litros
Principal contaminante	Carbón	Nitración

Generación energética con motores de gas - ESPAÑA

MERCADO ESPAÑOL



COMPOSICIÓN DEL GAS

**Crítico para la selección
del lubricante en servicio**

Composición del Gas | Variedad química

COMPOSICIÓN DEL GAS%

GAS	S	CH ₄	CO ₂	N ₂	H ₂	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	PCI
Natural	<0,001	93,2	-	1,4	< 0,1	3,6	0,8	0,5	31 – 35
Digestor	0,01 – 0,04	35 – 65	30 – 40	1 – 2	-	-	-	-	22 – 26
Vertedero	0 – 0,02	25 – 55	45 – 75	-	-	-	-	-	18 – 26
Cabeza	0,001 - 15	8 – 98	10 – 92	10 – 85	0,2 – 4,2	-	1 – 5	1 – 5	

Por razones medioambientales los gases de ventilación del colector de aceite se recirculan a la entrada de aire ...

LA FUNCIÓN DEL ACEITE EN EL MOTOR DE GAS

Nuevos desafíos
tecnológicos

LA FUNCIÓN DEL LUBRICANTE | 90% Base + 10% Aditivos

ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN

FORMACIÓN DE DEPÓSITOS
ESPESOR DEL ACEITE
FORMACIÓN DE ÁCIDOS
CORROSIÓN METAL

SOLUBILIDAD

LIMPIEZA DEL MOTOR
COMPATIBILIDAD SELLOS
PROCESO DE APLICACIÓN
ESTABILIDAD

ADITIVOS

DETERGENTES
NEUTRALIZACIÓN DE ÁCIDOS
EXTREMA PRESION Y ANTI DESGASTE
ANTI OXIDANTE
ANTI ESPUMA
DISPERSANTE

VOLATILIDAD

CONSUMO DE ACEITE
ESPESOR DEL ACEITE
FORMACIÓN DE DEPÓSITOS

ACTIVIDAD SUPERFICIAL

ESPUMA
AIR RELEASE
EMULSIFICACIÓN

VISCOSIDAD E IV

PROECCION AL DESGASTE
EFICIENCIA DE REFRIGERACIÓN
FLUIDEZ DE BAJA
TEMPERATURA
PÉRDIDAS ENERGÉTICAS

Características y propiedades de los lubricantes de motor de gas

PROPIEDAD DESEADA	CARACTERÍSTICA DESEADA DEL PRODUCTO	COMPONENTE DETERMINANTE DEL ACEITE LUBRICANTE
LUBRICACIÓN Y SELLADO	• Viscosidad adecuada • Pocas pérdidas por evaporación • Mayor estabilidad térmica • Resistencia a la oxidación / nitración	• Selección del aceite base, preferentemente de tipo sintético: API Grupo II / Grupo III / Grupo V
LARGA DURACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MOTOR	• Protección contra desgastes en puntos con elevadas cargas, por ej. lubricar y proteger asientos de válvulas. • Neutralización de productos ácidos de combustión • Neutralización de los productos de envejecimiento del aceite • Compatibilidad con juntas y materiales	• Aditivo antidesgaste y aditivos alcalinos: Equilibrio cualitativo y cuantitativo de su composición (% Cenizas). • Aditivos antioxidantes
LIMPIEZA DEL MOTOR	• Prevención de lodos de aceite, buen balance de detergencia y dispersancia = Rendimiento filtros	• Aditivos alcalinos optimizados: Menos cenizas
DURACIÓN DEL ACEITE	• Resistencia a la oxidación y nitración • Gran resistencia a la formación de lacas.	• Aditivos + Aceite de base
COMPATIBILIDAD CON CATALIZADORES	• Selección adecuada de componentes	• Perfecto equilibrio de los Aditivos y baja volatilidad.

LA FUNCIÓN DEL LUBRICANTE

Detonación o golpeteo

DEPÓSITOS DE CARBONO RESPONSABLES DE GOLPEAR

Causas posibles:

- Alto consumo de aceite.
- Condición del aceite.
- Temperatura de componentes demasiado alta.
- Calidad del aceite (muy poca resistencia a la oxidación).



Fuente: Shell Lubricantes

LA FUNCIÓN DEL LUBRICANTE

Depósitos de cenizas excesivos

DEPÓSITOS DE CENIZA EXCESIVOS

Posibles causas:

- Mayor relación de compression.
- Riesgo de daño mecánico.

Propiedades de aceite requeridas:

- Alta resistencia a la oxidación.
- Bajo contenido de cenizas que producen aditivos.
- Cenizas blandas que se rompen fácilmente.



Fuente: Shell Lubricantes

Vida útil de los anillos de pistón limitados por scuffing

Desgaste adhesivo
del revestimiento y
anillos = desgaste



LA FUNCIÓN DEL LUBRICANTE

Resistencia a la oxidación y detergencia

Depósitos de ranuras anulares que afectan al comportamiento de funcionamiento del anillo de pistón



Fuente: Shell Lubricantes

LA FUNCIÓN DEL LUBRICANTE

**Limpieza de ranura de anillo
excelente después de 16.000 horas**



Fuente: Shell Lubricantes

50%
de los componentes mecánicos



se reemplazan debido a **desgaste prematuro**

LA FUNCIÓN DEL LUBRICANTE

Clasificación de los aceites de motor de gas en función de su contenido en cenizas

TIPO DE ADITIVO	% ADITIVO	MOTOR
Sin cenizas	< 0.1%	(TBN 1-3) gas natural 2T
Bajo contenido de ceniza	0,1-0,5%	(TBN 3-6) gas natural SI
Contenido medio de ceniza	0,5-1%	(TBN 5-10)gas natural SI DF
Alto contenido de ceniza	>1%	(TBN 10+) gas de vertedero SI-DF

LA FUNCIÓN DEL LUBRICANTE

Consumo de aceite lubricante



0.15 y 0.3 g/kWh

Los motores de gas modernos pueden tener consumos ser tan bajos como 0.1 g/kWh



TECNOLOGÍA DE ANILLO DE PISTÓN

Y la correcta distribución de la presión



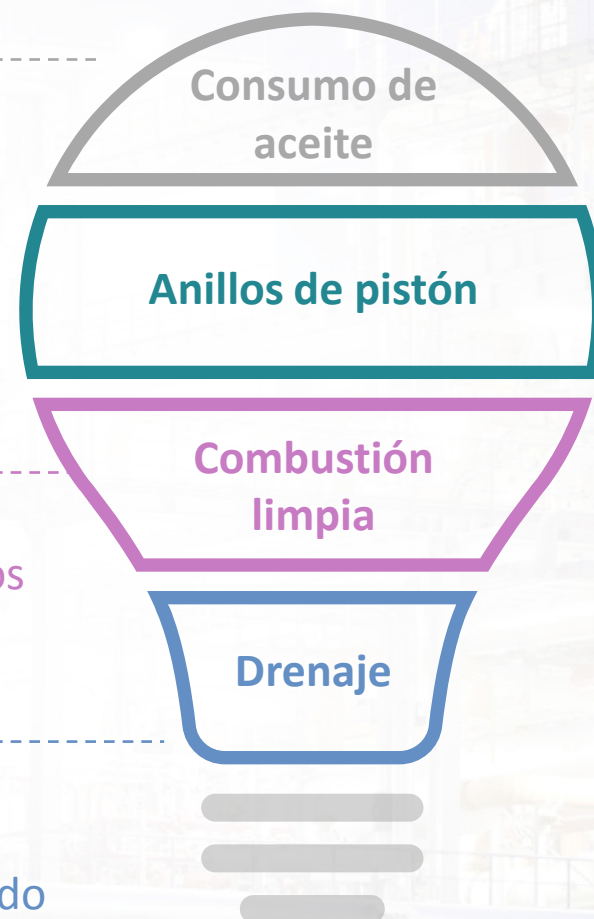
PERMANECE BAJO

Gracias a la combustión limpia = sin incrustaciones de carbono del paquete de anillos



LOS OPERADORES PREFIEREN UNA VIDA MÁS LARGA DEL ACEITE

- El tiempo de inactividad se minimiza
- Producción maximizada
- El volumen total de aceite usado es minimizado



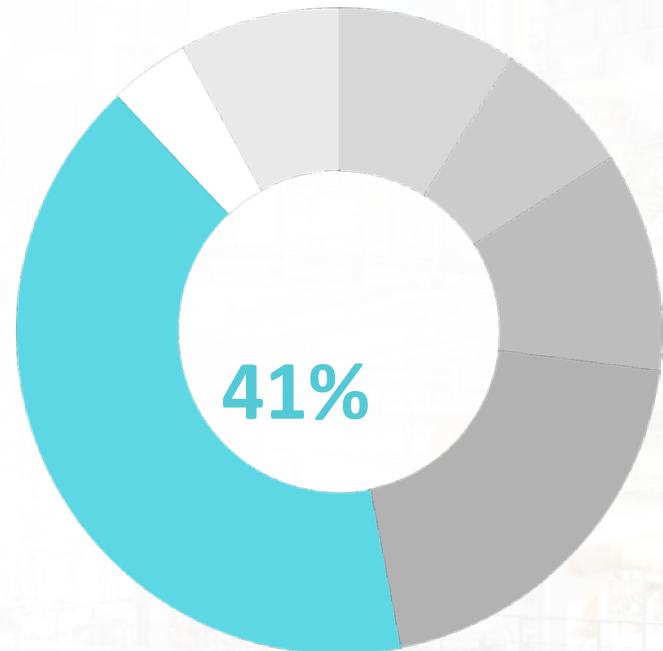
DATA ANALYTICS

**1 año de servicio
= 20/40 Informes de
Análisis de Aceite**

ANALÍTICA DE DATOS

¿Cuándo fallan los Programas de Mantenimiento Predictivo?

- La falta de visión, metas y objetivos.
- Uso de una herramienta sin entender la razón.
- Falta de motivación en el Programa.
- Falta de Procedimientos / Metodología.
- La falta de experiencia / Compromiso.
- Malas decisiones/falta de decisión.
- **Calidad de los Datos / Disponibilidad de Datos 41%.**



ANALÍTICA DE DATOS

Análisis esenciales de Laboratorio



Test1



NIT

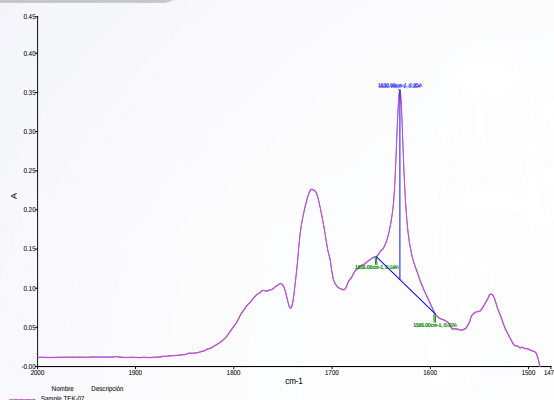
ANALÍTICA DE DATOS

Análisis esenciales de Laboratorio

ASTM D 7624

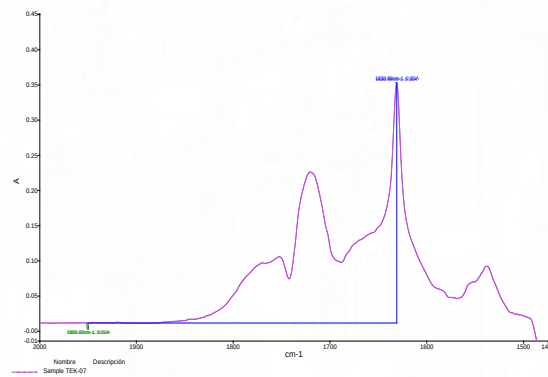
| ASTM E 2412

| DIN 51453:2004



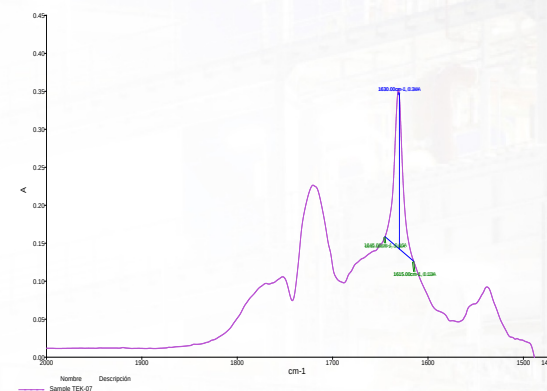
METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA NITRACIÓN

Metodología	ASTM D 7624
Técnica analítica	FTIR
Tipo de cálculo	Altura de pico
Unidades	A/cm
Frecuencia cm^{-1}	1,630
Linea base 1 cm^{-1}	1,655
Linea base 2 cm^{-1}	1,640
Linea base 2 cm^{-1}	1,610
Linea base 2 cm^{-1}	1,595
Resultado (A/cm)	14,36



METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA NITRACIÓN

Metodología	ASTM E 2412
Técnica analítica	FTIR
Tipo de cálculo	Altura Max. De pico
Unidades	A/cm
Frecuencia cm^{-1}	1,650 – 1,610
Linea base 1 cm^{-1}	1,950
Resultado (A/cm)	24,75



METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA NITRACIÓN

Metodología	DIN 51453:2004
Técnica analítica	FTIR
Tipo de cálculo	Altura de pico
Unidades	A/cm
Frecuencia cm^{-1}	1,630
Linea base 1 cm^{-1}	1,645
Linea base 2 cm^{-1}	1,615
Resultado (A/cm)	12,35

Valores límites motor gas

2.1 Oil condition

Programme point	Unit	Limit level	Guideline	Information		
				Oil	Engine	Gas
Viscosity at 100°C	mm ² /sec, cSt	≥ fresh oil +3 and ≥ 17≥16.9 *)	DIN 51562	x		
Viscosity at 40°C	mm ² /sec, cSt	≥ fresh oil +25%	DIN 51562	x		
Base number BN (TBN)	mg KOH/g	≤ 50% of the fresh oil ≤ 2.5 *)	DIN ISO 3771	x		
Acid number AN (TAN)	mg KOH/g	≥ fresh oil value +2.5 ≥ fresh oil value +3 *)	DIN ISO 3771	x		
ipH value	-	≤ 4.0 GE Jenbacher method ≤ 4.5 Mobil method	TA 1000-099D	x		
Ageing (oxidation)	ABS/cm	≥ 20 ≥ 30 *)	IR spectroscopy	x		
IR nitration	ABS/cm	≥ 20 ≥ 30 *)	IR spectroscopy	x		
Soot	%	≥ 2	IR spectroscopy	x		

*) for Mobil Pegasus 1005 only

Análisis de aceites motor gas. AN-I-PH

OEM	Método AN	Límite AN	Método I-PH	Límite I-PH
2G Energy	No	Aceite nuevo+ 3	No	>3,5
AgriKomp	ASTMD 664	3,5-3,8	No	>4
Dresser Rand	ASTMD 664	Max 4	No	>3
GE Jembacher	EN 12634 ISO3771	Aceite nuevo+2,5	Jembacher met Mobil met,.	>4 >4,5
MAN	ASTMD 664	Aceite nuevo+2,5	Método Mobil	>4
MWM Deutz	ASTMD 664 EN 12634	Menor que TBN	ASTM D 7946	>4,5
Schnell Scania	No(ASTM D 664/EN 12634)	Max 80%TBN	No	>4
TEDOM	ASTMD 664	Menor que TBN	No	4,5



ANALÍTICA DE DATOS

Análisis esenciales de Laboratorio

¿Cómo afectan los diferentes métodos de i-pH más utilizado actualmente, sobre los resultados finales?

	DISOLVENTE (ML)	MUESTRA (G)	CALIBRACIÓN
ASTM D7946	70	2.5	pH: 4-7 / Tampón acuoso
MOBIL	90	3.6	pH: 2-4 / Tampón acuoso
JENBACHER	125	5	Tampón ASTM D664

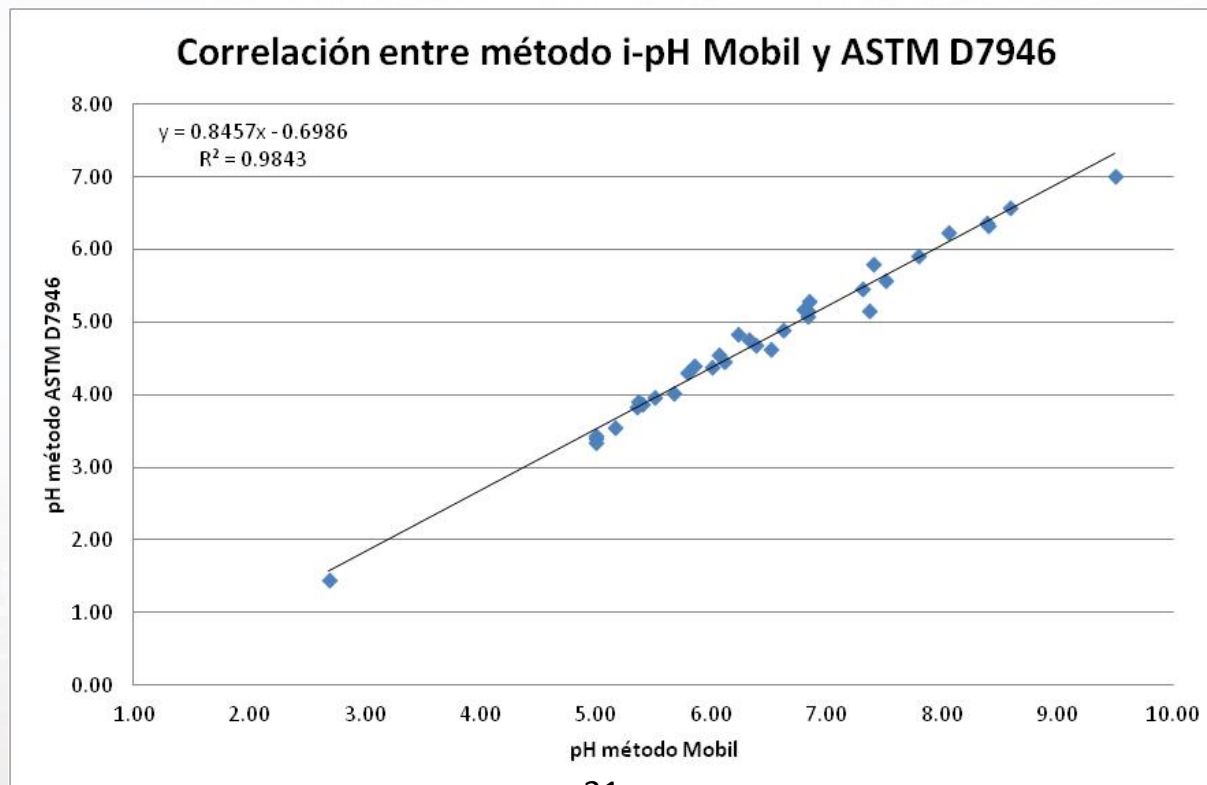
Los valores que se obtienen en la nueva metodología son sensiblemente más bajos que los obtenidos hasta el momento con uno de los más utilizados hasta la fecha, el método MOBIL.



ANALÍTICA DE DATOS

Análisis esenciales de Laboratorio

¿Cómo se correlacionan los métodos MOBIL y ASTM D7946 para la medida del i-pH?



ANALÍTICA DE DATOS

Muchos datos, poca información

1	996566	P.E. LA FE - SAN MARTIN	05/12/2015	03/09/2015			23277 H	The oi
2								There
3	1012344	P.E. ALENTISQUE	03/11/2015	03/11/2015	NULL	50815 H	50815 H	wear
4	1012991	P.E. CASTELLANETA BKW	04/11/2015	04/11/2015			18648 H	The oi
5	1013334	P.E. FUENTE VAIN	30/10/2015	05/11/2015			46200 H	contar
6	1013416	P.E. SIERRA DE OLIVA	30/10/2015	06/11/2015			54916 H	Viscos
7	1013417	P.E. SIERRA DE OLIVA	30/10/2015	06/11/2015			62054 H	2091.
8	1013419	P.E. SIERRA DE OLIVA	30/10/2015	06/11/2015			62054 H	The oi
9	1013421	P.E. SIERRA DE OLIVA	30/10/2015	06/11/2015			54916 H	contar
10	1013423	P.E. SIERRA DE OLIVA	30/10/2015	06/11/2015			62054	The oi
11	1013425	P.E. LEZUZA	30/10/2015	06/11/2015			35605 H	contar
12	1014295	W.F. SOUDAN	10/11/2015	10/11/2015			27163 H	The oi
13	1014305	P.E. VIRGEN DE LA PEÑA	30/10/2015	10/11/2015			76138 H	contar
14	1014312	P.E. LUCERA	10/11/2015	10/11/2015			27526 H	The oi
15	1014324	P.E. LUCERA	10/11/2015	10/11/2015			27526 H	contar
16	1014348	P.E. FOJANO-BN EDISON	10/11/2015	10/11/2015			35781 H	The oi
17	1014352	P.E. FOJANO-BN EDISON	10/11/2015	10/11/2015			137483 H	contar
18	1014357	P.E. GINESTRA STAR WIND	10/11/2015	10/11/2015			138897 H	The oi
19	1014570	P.E. JANDA III	30/10/2015	11/11/2015		26272	26272	contar
20	1014571	P.E. JANDA III	30/10/2015	11/11/2015		26272	26272	The oi
20	1014572	P.E. EL PINO	05/11/2015	11/11/2015		80069 H	80069 H	The oi



Mismos datos, nueva era

FTIR, BN, AN, ICP, Viscosidad y otros análisis no han cambiado en años



La misma manera de diagnosticar

No existe interacción real con los datos de operación.

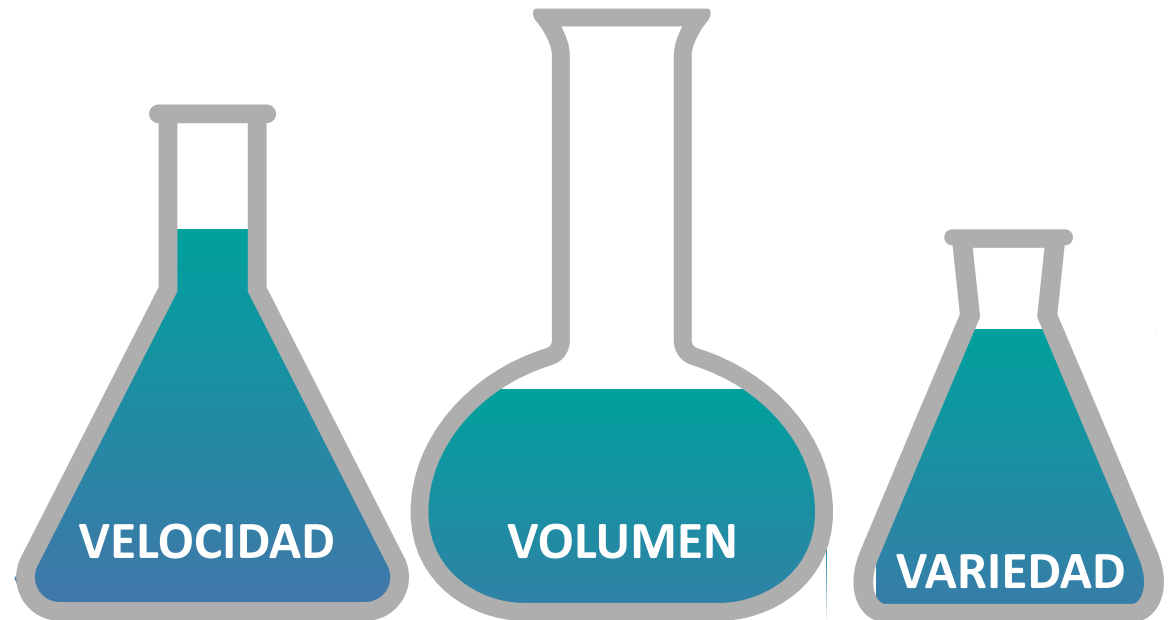
PÉRDIDA DE INFORMACIÓN

ANALÍTICA DE DATOS

El nuevo jugador del partido

BIG DATA

Proceso analítico de grandes cantidades de datos y procedimientos utilizados para encontrar patrones repetitivos



MILÉSIMAS
DE SEGUNDO

TERABYTES, PETABYTES

DATOS NO
ESTRUCTURADOS

ANALÍTICA DE DATOS

El nuevo jugador del partido

MUESTRAS POR AÑO

20 a 40 análisis de lab
en un año + parámetros
operativos (Temp, oil
pressure, etc.)

MOTORES ANALIZADOS

Mapeo de la
situación de un
solo motor



Información
básica



Big Data
Analytics



BENEFICIOS

Intervalo de drenaje de aceite
Extensión de la vida del motor
Actividades de mantenimiento
programadas

CASO DE ESTUDIO

Para el 2030, 40% de los trabajos serán sustituidos por un software o bot

CASO DE ESTUDIO

Aplicación de la nueva tecnología al análisis de aceite

STREAM ANALYTICS

- ISO 4 / 6 / 14
- Temperatura
- Viscosidad
- Agua
- ...

OA LÍMITES TÍPICOS

De Big Data
Analytics

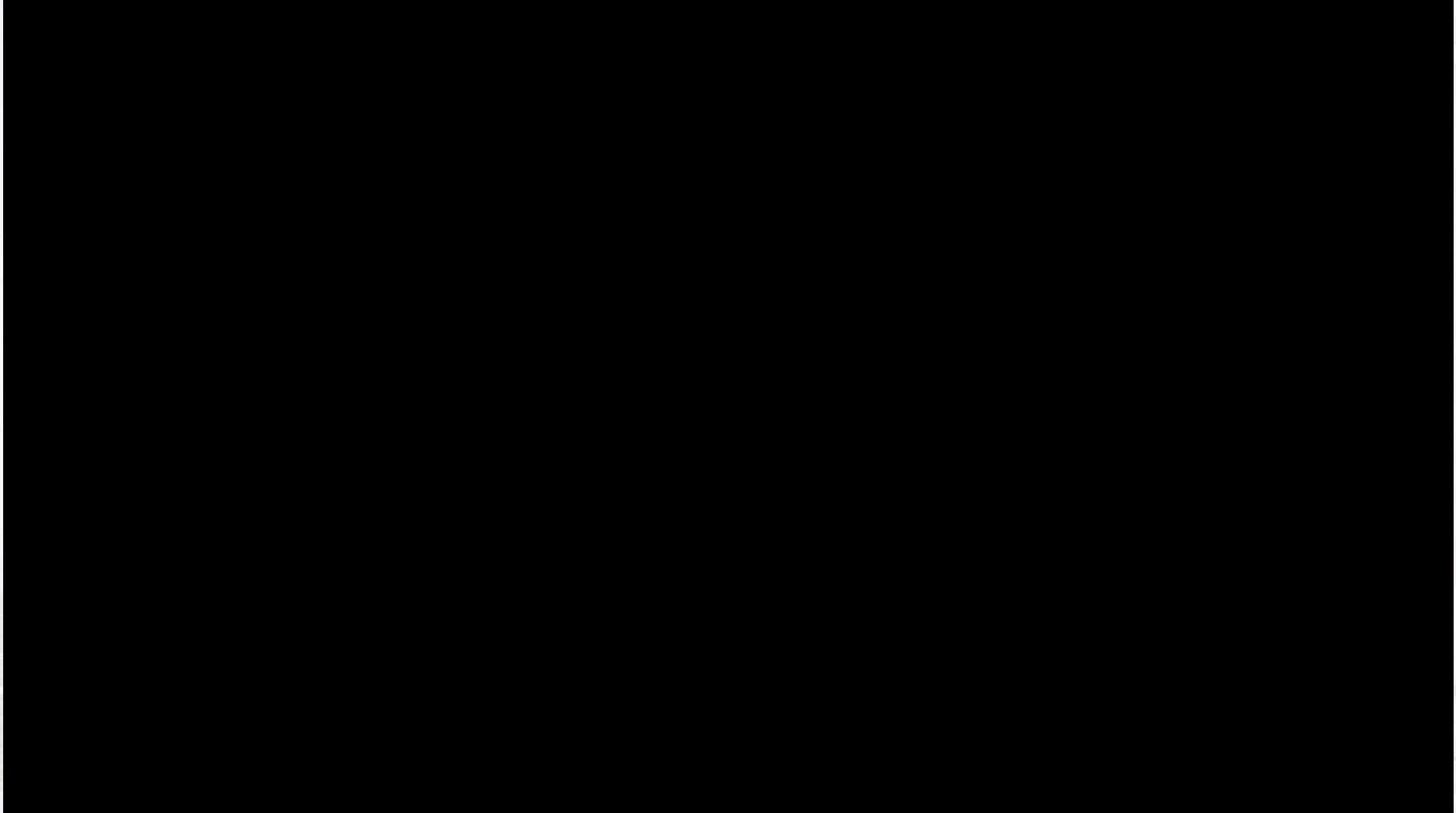
TIEMPO

- Tiempo
- Costos
- Programación
- Repuestos



CASO DE ESTUDIO

Stream base Analytics



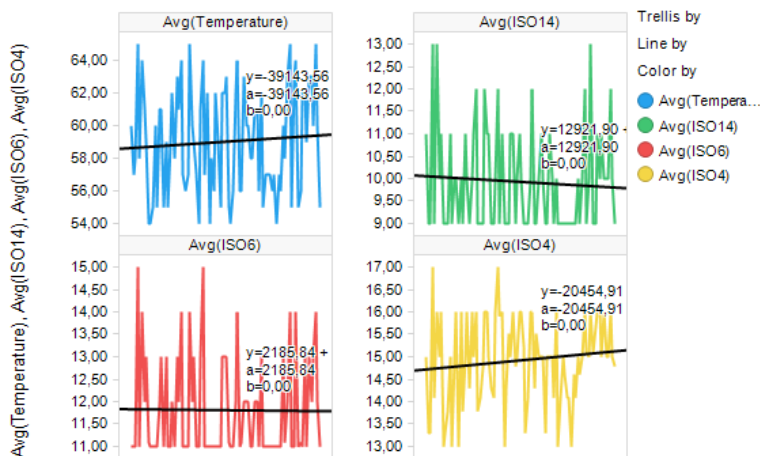
CASO DE ESTUDIO

End user system alert

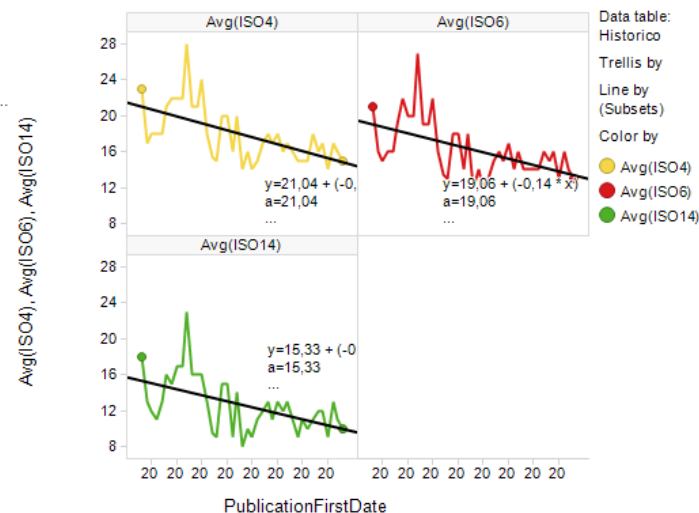
IK4 TEKNIKER
Research Alliance

Read from Live Datamart

Real Time Data



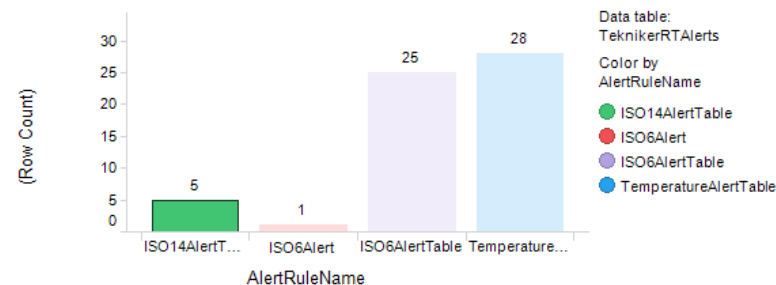
Historical Data



6 columns from TeknikerRTAlerts

Message	Severity	Created	AlertRuleName
Temperature Limit (61) Alert	3	12/01/2017 13:25:19	Tempera...
ISO 6 Limit (12) Alert	3	12/01/2017 13:25:19	ISO6Alert...
Temperature Limit (61) Alert	3	12/01/2017 13:25:19	Tempera...
ISO 6 Limit (12) Alert	3	12/01/2017 13:25:19	ISO6Alert...
Temperature Limit (61) Alert	3	12/01/2017 13:25:19	Tempera...
ISO 6 Limit (12) Alert	3	12/01/2017 13:25:20	ISO6Alert...
Temperature Limit (61) Alert	3	12/01/2017 13:25:20	Tempera...
ISO 6 Limit (12) Alert	3	12/01/2017 13:25:20	ISO6Alert...
ISO 6 Limit (12) Alert	3	12/01/2017 13:25:20	ISO6Alert...
ISO 6 Limit (12) Alert	3	12/01/2017 13:25:20	ISO6Alert...
Temperature Limit (61) Alert	3	12/01/2017 13:25:20	Tempera...

Distribution – AlertRuleName



CASO DE ESTUDIO

**NUEVA
TECNOLOGÍA**

**MEJORES
RESULTADOS**

CONOCIMIENTO



**STREAM ANALYTICS +
BIG DATA ANALYTICS +
CONOCIMIENTO DE OA**



**MEJORAS EN PLANIFICACIÓN DE TAREAS
DE MANTENIMIENTO EN 7%**

CONCLUSIONES

THE BEGINNING OF THE ROAD



NUEVA TEC

- Sensores
- Big Data Analytics
- Stream Analytics
- Machine Learning



OA CONOCIMIENTO

Conocimiento del Análisis
de Aceite aplicado al
mantenimiento.



BENEFICIOS

- La industria recibe
mejores resultados
- Minimizar el downtime
- Programación y
planificación

GRACIAS

JESÚS TERRADILLOS

jesus.terrabillos@tekniker.es

IK4-TEKNIKER



**SAME DATA
NEW ERA**

lubmat
2018

**LUBRICATION, TRIBOLOGY
AND CONDITION MONITORING,
CONFERENCE & EXHIBITION**

5-6th JUNE 2018
MIRAMAR PALACE
SAN SEBASTIÁN | SPAIN



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
M É X I C O

¡GRACIAS!



ORGANIZADO POR:





Jesús Terradillos

IK4-TEKNIKER | SPAIN

**SI TIENES PREGUNTAS
O COMENTARIOS...**

¡No dudes en acercarte!