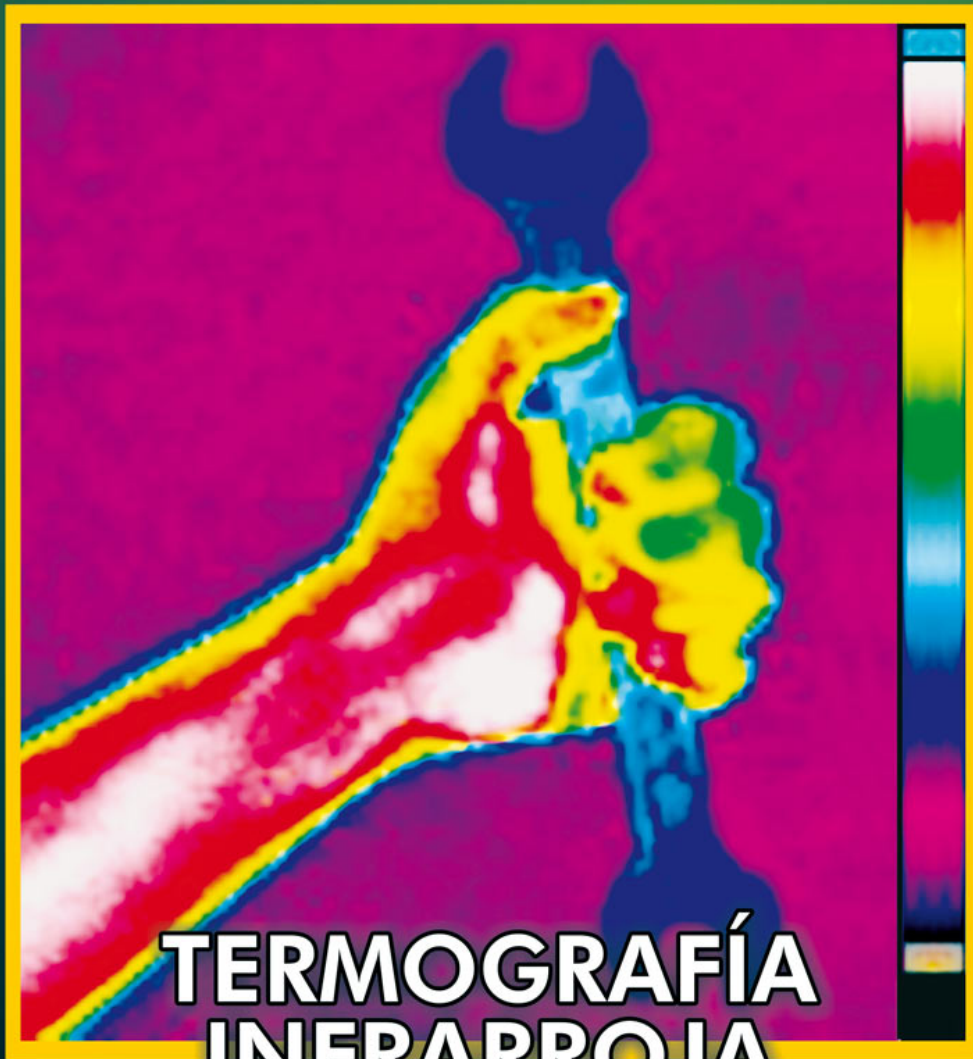


Edición Gratuita - Bimestral - Año 2 - Nº 4 - Feb./Mar. 2009



CONFIABILIDAD INDUSTRIAL

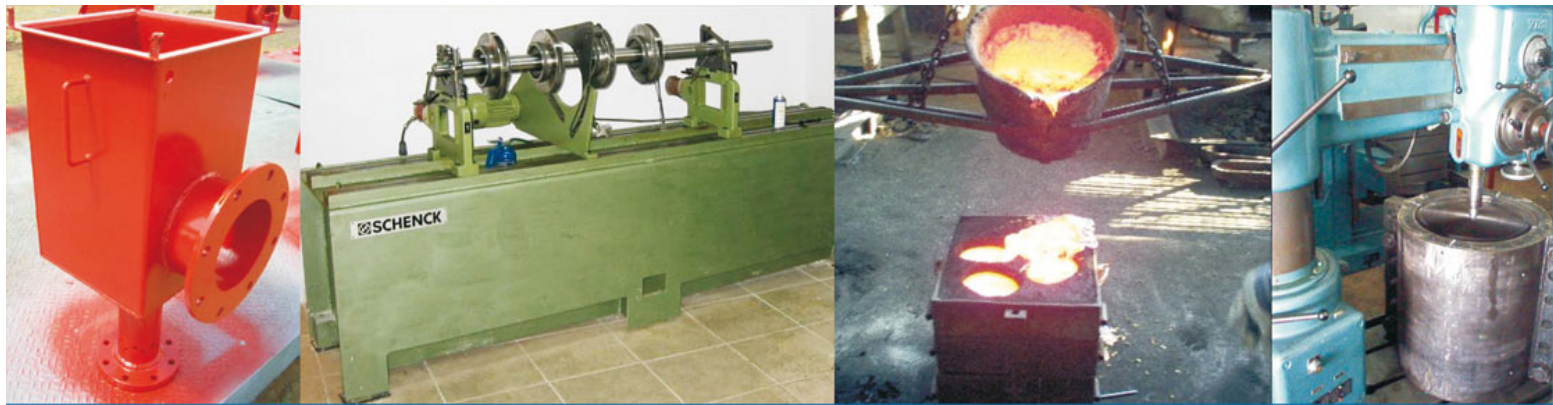


TERMOGRAFÍA INFRARROJA

Mantenimiento en la palma de su mano

Una publicación de





METALMECÁNICA DE PRECISIÓN



*La satisfacción
de nuestros clientes
es nuestra mejor referencia...*

*Nuestra meta
la excelencia*

FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE MÁQUINAS Y EQUIPOS:

Rotores, engranajes, ventiladores centrífugos y axiales, elementos de válvulas, sellos laberínticos, cojinetes, acoples especiales...

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE CÁPSULAS (GRAPAS) PARA CORRECCIÓN DE FUGAS EN CALIENTE

RECTIFICACIÓN

REPOTENCIACIÓN DE MÁQUINAS INDUSTRIALES

SOLDADURAS ESPECIALES, SOPORTERÍA Y ESTRUCTURAS

FABRICACIÓN DE PIEZAS EN FUNDICIÓN CON COMPOSICIÓN DE ALEACIONES ESPECIALES

BALANCEO DINÁMICO DE PRECISIÓN

SANDBLASTING Y PINTURA

Av. José Antonio Anzoátegui, vía Aeropuerto, Barcelona. Telfs. (0281) 808.47.21 / 0416-884.98.56
Telefax: (0281) 274.10.37 - 0414-815.25.46 E-mail: refamecadeorientecantv.net

PORTADA



Diseño: Surama Gyarfas Nazar

CONFIABILIDAD
INDUSTRIAL

Edición Gratuita - Bimestral

Año 2 - Nº 4 - Feb. / Mar. 2009

DEPÓSITO LEGAL ES pp: 200802AN2835

Editor en Jefe

David Trocel

david.trocel@confiabilidad.com.ve

Diseño y Diagramación

Surama Gyarfas Nazar

sgyarfasn@gmail.com

Ventas y Mercadeo

Altair Bustillo

revista@confiabilidad.com.ve

Colaboradores

Pedro Trocel, Jorge Patiarroyo,

Ernesto Primera, Sara Chavez,

Gerardo Trujillo, Matt Spurlock.

Una publicación de



Carrera 9, Edificio Churún
Merú N°2B, Lechería,
Edo. Anzoátegui, Venezuela
Telf.: 0414-8174180
(0281)281.24.41

CONFIABILIDAD
INDUSTRIAL



EN ESTA EDICIÓN

EDITORIAL
CONFIABILIDAD VS
CRISIS ECONÓMICA



5

CONFIABILIDAD HUMANA
PROTAGONIZANDO LA
REVOLUCIÓN DE LA
CONFIABILIDAD



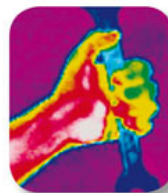
6

MEJORES PRÁCTICAS
CONFIABILIDAD
EN SISTEMAS DE BOMBEO



8

LAS MÁQUINAS HABLAN
TERMOGRAFÍA INFRARROJA:
Mantenimiento
en la palma de su mano



12

BOLETÍN DE SEGURIDAD
SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN
DE RIESGOS PARA MATERIALES
PELIGROSOS



16

GLOSARIO



18

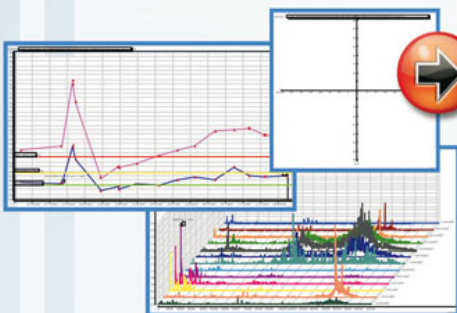
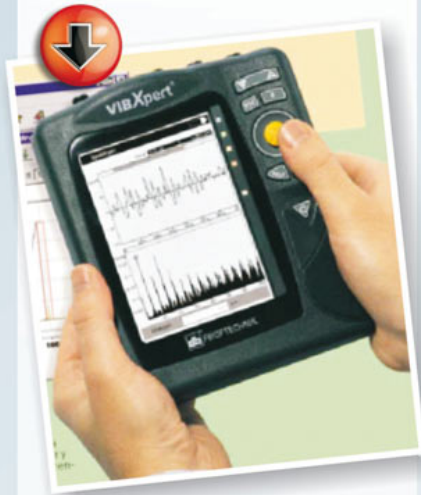
Sé parte de la Confiabilidad

Suscríbete a tu Revista Confiabilidad Industrial y recíbela **GRATIS!!!** en tu puesto de trabajo, envía un email con tus datos (nombre, cargo y empresa) a: revista@confiabilidad.com.ve

Visítanos en www.confabilidad.com.ve



Conoce la tecnología
y los recursos disponibles
actualmente para
monitorear la salud de
los activos industriales...



Academia de Confiabilidad

Adiestramiento para la industria real

ANÁLISIS DE VIBRACIONES NIVELES I y II Según Norma ISO 18436-2

El Monitoreo y Análisis de Vibraciones en Equipos Rotativos es hoy en día una actividad estándar en las organizaciones de mantenimiento y confiabilidad industrial, su aplicación sistemática garantiza un eficiente seguimiento de la condición dinámica y operacional de una gran variedad de maquinaria.

Este curso presenta el Análisis de Vibraciones como una herramienta de apoyo a las labores de **PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO**, exponiendo el tema de una manera práctica y sencilla. Se presenta un enfoque práctico de las técnicas de monitoreo, la configuración de los parámetros de inspección, el estudio de la señal de vibración como herramienta de diagnóstico de problemas y de eliminación de fallas recurrentes.

DETECTA, ANALIZA, CORRIGE, VERIFICA
UN ARSENAL DE CONOCIMIENTOS QUE
LE AYUDARÁN A IDENTIFICAR
Y A RESOLVER LOS PROBLEMAS
MÁS COMUNES DE FALLAS EN
SU MAQUINARIA ROTATIVA

Identifica los patrones que
representan condiciones anormales o
estados de falla en desarrollo con
ejemplos de casos de la **INDUSTRIA**
REAL, apoyados con recursos
didácticos de avanzada

APRENDE SOBRE

- Las debilidades de los programas de inspección
- Las diferentes tecnologías predictivas
- Las necesidades de mantenimiento basadas en condición
- Como comunicar los avances del programa
- Como diseñar e implementar un programa efectivo de monitoreo de condición



CONFIABILIDAD
Gente + Tecnología + Servicio

Información a través de:

academia@confiabilidad.com.ve

Visítanos en www.confabilidad.com.ve

Carrera 9, Edificio Churún Merú N°2B, Lechería, Anzoátegui. Venezuela, Telf.: 0414-8174180 / (0281)2812441

CONFIABILIDAD VS LA CRISIS ECONÓMICA

La crisis económica que hoy se vive a nivel global está afectando de manera importante a muchas empresas grandes, medianas y pequeñas. En estos días se ha popularizado la frase: Crisis equivale a Oportunidades, pero más allá de un slogan esto es una necesidad. Muchas empresas están tomando o ya han tomado medidas para reducir sus costos operacionales y así tratar de mitigar el efecto de la reducción en la demanda de sus productos y servicios. Pero dónde atacar esos costos operativos sin que esto implique pérdidas de seguridad, calidad y confiabilidad.

OPORTUNIDADES DE LA CONFIABILIDAD

Muchas medidas de ahorro se orientan hacia la reducción de gastos administrativos, por ejemplo, al mejor uso de la papelería o de algunos servicios. Si bien estas medidas pueden impactar los gastos y crear una cultura del ahorro, válido incluso en épocas de bonanza y además tener un impacto ecológico, existen otras áreas donde el impacto sería realmente importante y con el valor agregado de mejorar los índices de desempeño. Algunas empresas también han optado por reducir el adiestramiento, dando a entender que esta actividad es considerada un gasto.

Bajo este escenario de austeridad los Departamentos de Confiabilidad tienen el gran reto de hacer más con menos. Liderazgo y creatividad serán los requisitos fundamentales para poder llevar a cabo medidas orientadas a realizar los cambios necesarios para optimizar los procesos, y lo más importante convertir esos cambios en AHORROS, esta es la gran oportunidad para cuantificar en términos de dinero cual es el impacto de los Planes de Confiabilidad en los estados financieros de la empresa.

Pese a que generalmente la confiabilidad es entendida como un sinónimo de mantenimiento, está claro que debe abarcar todas las áreas interdependientes de la organización. La confiabilidad no solo debe centrarse en Mantenimiento, también en Finanzas, Procura, Compras, Contratación, Inspección, Proyectos, Recursos Humanos, Operaciones. De esta manera los planes de confiabilidad deben concebirse para optimizar todos estos procesos.

Muchas veces la baja confiabilidad "nace" en la selección de equipos con diseños deficientes, baja mantenibilidad o especificaciones fuera de los requerimientos. Cuánto cuesta la compra de un repuesto, producto o servicio de baja calidad, cuánto cuesta el no obtener el repuesto adecuado en el momento adecuado. Es aquí donde los planes de contratación de servicios y convenios con proveedores basados en especificaciones técnicas y no en precios se hacen valiosos y aportan importantes ahorros traducidos en buena calidad, servicio postventa, adiestramiento y suministro oportuno.

El mantenimiento es uno de los mayores costos operativos y representa una importante oportunidad de ahorro. Muchos entienden el mantenimiento como "reparar algo" y pocas veces se enfoca como una herramienta para agregar valor y eficiencia. Cuánto significa en ahorro detectar las causas del retrabajo y disminuirlas. Cuánto impactaría el presupuesto de mantenimiento la optimización de los planes de lubricación colocando en primer plano la capacitación del personal, el adecuado manejo del lubricante que evite la contaminación, el uso de herramientas y procedimientos óptimos. Cuánto es el ahorro en consumo de corriente si se optimizara la alineación, el balanceo y la

tensión en las correas de transmisión. Cuánto es el ahorro que representaría la disminución de las fugas de lubricante, productos, vapor, agua, etc. Esto no requiere en muchos casos de recursos adicionales, sino de optimización de lo disponible.

Los planes de inspección se deben sincronizar totalmente con la planificación y programación del mantenimiento, un ahorro significativo puede generarse al sustituir algunas actividades "preventivas" por actividades proactivas y predictivas basadas en la condición de los activos. Incrementar la capacidad de inspección usando el recurso disponible. Tanto operadores como mantenedores deben adoptar el rol de "inspectores de avanzada", esto no implica el uso de herramientas tecnológicas sino observaciones básicas que pueden causar un gran impacto en el desempeño de los equipos: nivel de lubricante, contaminación, fugas incipientes, temperatura, consumo anormal de corriente. Más inspección significa más fallas detectadas a tiempo.

Nadie puede predecir el efecto y la duración de esta crisis, sin embargo lo que hagamos y aprendamos de ella tendrá un alto impacto en nuestro futuro.

Esta es mi opinión,
me gustaría conocer la suya
david.trocel@confiabilidad.com.ve

TODOS CENTRADOS EN LA CONFIABILIDAD



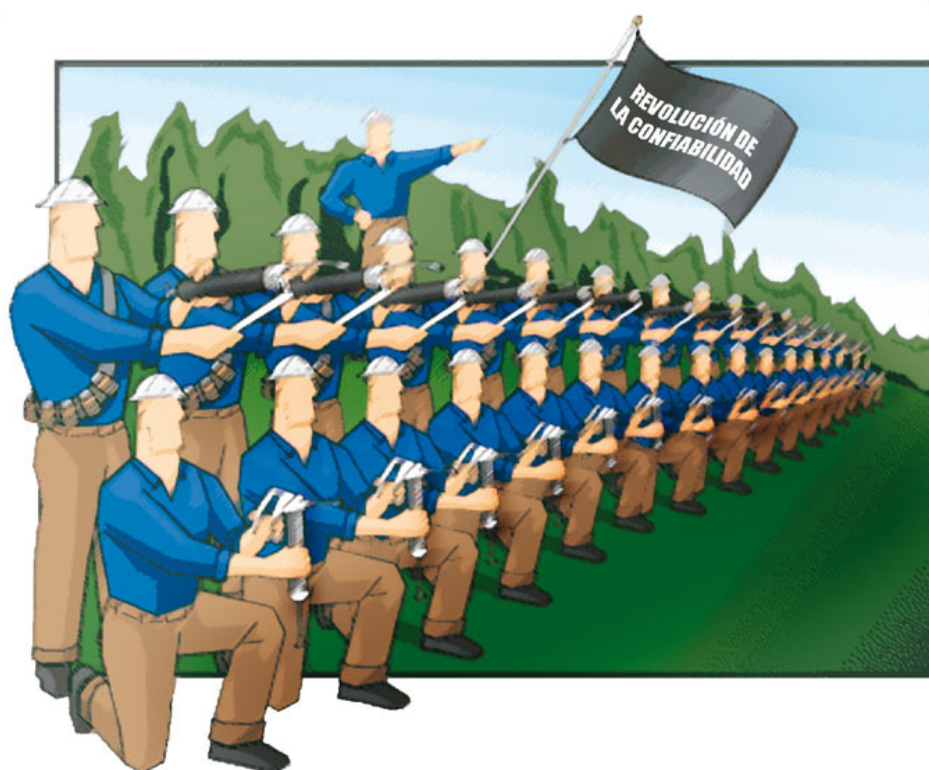
PROTAGONIZANDO LA REVOLUCIÓN DE LA CONFIABILIDAD

Matt Spurlock / Noria Corporation, mspurlock@noria.com, www.noria.com
Artículo original en inglés publicado en la revista Practicing Oil Analysis Magazine, edición de Mayo 2008.

El renombrado profesor de liderazgo y desarrollo personal John Maxwell, define el liderazgo como "la habilidad para influenciar a otros". El es coautor del libro "Conviértase en una Persona de Influencia" (Becoming a Person of Influence), donde habla sobre los aspectos fundamentales que requiere un líder, Maxwell cubre cuatro pasos principales para alcanzar un alto nivel de influencia.

AFRONTANDO EL CAMBIO CULTURAL

Uno de los obstáculos más difíciles de superar cuando se establece un programa de confiabilidad es el cambio cultural. Las industrias de hoy están formadas por personas que tienen 15, 20 o hasta 30 años en sus labores. Gente con paradigmas arraigados y no necesariamente abiertos a encarar o embarcarse en un cambio. La resistencia y el escepticismo ante una estrategia de confiabilidad son mayores en aquellos empleados acostumbrados a una cultura reactiva. Ellos se sienten más útiles y efectivos cuando resuelven aquellas fallas de fines de semana y sienten temor ante la posibilidad de que estas metodologías proactivas reduzcan las horas de sobretiempo o eventualmente la planta requiera de menos personal.



LA IMPORTANCIA DEL LIDERAZGO

Para vencer este pensamiento, es necesario un fuerte liderazgo que lleve las riendas para establecer, lograr y mantener un exitoso programa de confiabilidad que reduzca el tiempo perdido frente a una máquina.

El líder de confiabilidad debe adherirse a una serie de principios que han sido probados para guiar hasta a las personas más dudosas en el camino deseado. Estos principios son capaces de motivar e influenciar diversos tipos de personalidades para alcanzar objetivos comunes. El principal ejemplo de estos principios de liderazgo puede encontrarse en las enseñanzas de las fuerzas militares.

De los 11 principios de liderazgo enseñados por las fuerzas militares, destacaré dos: "Mantener informada a las tropas" y "Entrenar a las tropas como a un equipo"

MANTENER INFORMADOS A LOS EMPLEADOS

Uno de los peores escenarios toma lugar cuando en el ambiente de trabajo no se genera ninguna noticia en relación a los cambios que se intentan implementar. La mejor política es crear un ambiente abierto de constante comunicación, especialmente entre las personas que más puedan ser afectadas por los cambios o nuevas formas de trabajar.

Considerando que la alta confiabilidad es un fin común de toda la organización, la tarea de informar sobre los cambios, las estrategias, los objetivos, los avances y las metas es una prioridad a todo nivel. Esta es una forma de reducir el impacto natural durante la transición de la reactividad a la proactividad, se logrará además mayor compromiso del personal y se obtendrá incluso retroalimentación para mejorar muchos aspectos.

ENTRENAR A LOS EMPLEADOS COMO A UN EQUIPO

Se deben hacer talleres multidisciplinarios a fin de que cada persona entienda y valore las funciones de cada empleado o grupo. Aunque debe enfocarse en los aspectos técnicos del programa, no debe dejarse de lado el aspecto humano y el rol que desempeña la actitud frente a las diferentes iniciativas orientadas a mejorar u optimizar los procesos.

Adiestrar como a un equipo debe crear en el trabajador el sentido de interdependencia, debe entender claramente que su labor impacta al grupo y a la organización, además que requiere del resto de sus compañeros para alcanzar los objetivos individuales y colectivos, esto genera un ambiente de mutuo respeto y colaboración, factores claves en el éxito de cualquier estrategia corporativa.

El adiestramiento es además una excelente herramienta de motivación

Referencias

1. John Maxwell y Jim Dornan. *Becoming a Person of Influence*. 1997.
2. Dan Carrison y Rod Walsh. *Semper Fi, Business Leadership the Marine Corps Way*. 2004.

Sobre el Autor:

Matt Spurlock sirvió en el Cuerpo de Marina (USA) por ocho años como mecánico de vehículos anfibios, tiene amplia experiencia y conocimientos sobre la operación y mantenimiento de motores de combustión, sistemas de transmisión, cajas de engranajes y sistemas hidráulicos. En su rol como Consultor Técnico Senior de Noria Coporation, él soporta y desarrolla programas de lubricación de excelencia, él además gerencia la división de Análisis y Diagnóstico Remoto de Aceite en Noria.

Su equipo contador de partículas
¿necesita ser
. **calibrado?**




VS Consultores, representante exclusivo en Venezuela de la prestigiosa marca de Contadores de Partículas **PAMAS**, le brinda la oportunidad de certificar y calibrar su equipo siguiendo la Norma **ISO 11171**, a través de personal debidamente capacitado por el fabricante.

¡CONTÁCTENOS!

Solicite nuestro servicio y entérese de los modelos más recientes en Contadores de Partículas.

Calle 71 entre Av. 13 y 13A, No. 13-29, Sector Tierra Negra.
Telefax: +58-261-798.53.61. **Movil:** +58-414-361.06.64
 E-mail: falbornoz@vsconsultores.com.ve
 Maracaibo - Venezuela



VS Consultores

¡Un nuevo enfoque al Mantenimiento!

J-30885512-0

www.vsconsultores.com.ve

GTS CONFIABILIDAD 7

CONFIABILIDAD EN SISTEMAS DE BOMBEO

Ernesto Primera / Ingeniero Especialista de Confiabilidad en Equipos Rotativos / primeram2@asme.org

El presente artículo describe la forma como en la industria de nuestro continente se mide el desempeño de la gestión del mantenimiento de los equipos rotativos de plantas de Petróleo, Gas, Petroquímica y Termoeléctricas, específicamente el desempeño de los sistemas de bombeo.

Este desempeño es medido en términos de fallas, horas operacionales, tiempo calendario y población de bombas instaladas. Se utilizaron referencias internacionales como **OREDA** (*Offshore Reliability Data*), **CCPS** (*Center For Chemical Process Safety*) del **AIChE** (*American Institute of Chemical Engineers*), **ESREDA** (*European Safety, Reliability and Data Association*) así como artículos de importantes Revistas como **HPI** (*Hydrocarbon Processing*) y la revista del **AIR** (*American Institute of Reliability*). También son utilizadas referencias Internacionales y Nacionales de estándares como **ASME**, **API** y **COVENIN**. Además de la medición del desempeño organizacional, el artículo concluye orientando el camino hacia lo específico y tangible en términos de búsqueda de resultados de mejoras de los equipos, partiendo del análisis de los datos utilizados en la medición.

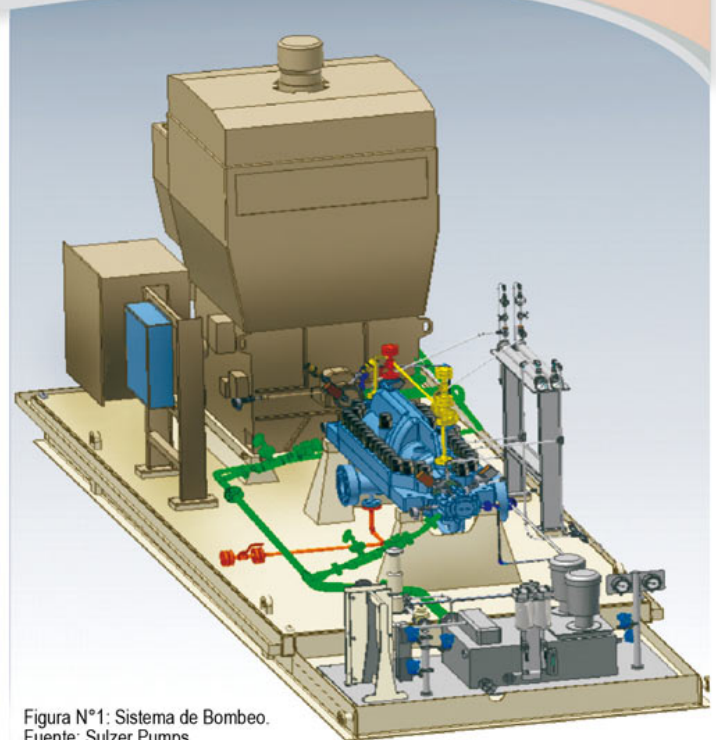


Figura N°1: Sistema de Bombeo. Fuente: Sulzer Pumps.

Para comenzar aclaremos el término **Confiabilidad**

“Probabilidad de que un equipo, maquinaria o sistema cumpla adecuadamente con la función requerida ante condiciones específicas, durante un período de tiempo determinado”

Joel Nachlas 1995

Es de considerar que la Confiabilidad es de notación Probabilística y expresada por la función:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

R(t): es la Función de Confiabilidad (Reliability), probabilidad de que el activo no falle en un tiempo (t).

F(t): es la Función de Falla, probabilidad de que el activo falle en un tiempo (t).

Esta es una función netamente probabilística y se le puede asignar una función de distribución: Exponencial, Logarítmica Normal, Li-

neal, etc. Por ejemplo si analizamos fallas en un período de tiempo (t), estamos tratando con una variable aleatoria que se le puede dar tratamiento como una Función Probabilística Exponencial del tiempo de falla.

Por lo tanto la confiabilidad será:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde, **e** es la base del sistema logarítmico natural. **t** es el tiempo considerado en el estudio

λ es la tasa de fallas, **$\lambda = \text{cantidad de fallas} / \text{cantidad de horas de operación}$**

Durante los últimos 10 años hemos visto en diferentes publicaciones el uso del término Confiabilidad relacionado con ecuaciones de cálculo de índices de mantenimiento (En Términos de Fallas) como los que utilizaremos en el presente artículo, pero el término también se emplea con fines descriptivos de desempeño de un equipo, sistema o planta, sin embargo es claro su origen probabilístico.

GENERALIDADES

Iniciamos con el término Tiempo Promedio Entre Fallas (TPEF): Identifica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de una falla: COVENIN-3049

Según resultados de un estudio estadístico realizado por el Editor de Confiabilidad de la revista HPI en los años 2000s “HPIN Reliability Marzo-2006” el TPEF en sistemas de bombeo está distribuido según la Tabla-N°1, cuyo cálculo fue realizado según la ecuación:

$$TPEF = \frac{\text{N}^\circ \text{ Equipos Instalados}}{\text{N}^\circ \text{ de Fallas}}$$

Expresado en unidad de tiempo.

Tiempo Promedio Entre Fallas. (Años)

Descripción	Años
Bombas ASME/ANSI. Promedio U.S.A.	2
Bombas API. Promedio U.S.A.	5
Bombas API. Promedio Oeste de Europa.	6
Bombas API. Promedio Países en Desarrollo.	1
Bombas API. Promedio Región Caribe.	3
Bombas API. Mejores en su Clase. Refinerías de California U.S.A.	9
Bombas API. Mejores en su Clase. Petroquímicas Texas U.S.A.	10

Tabla N°1: Estadística TPEF 2002.

Según los datos de la Tabla N°1, Venezuela estaría ubicada entre la Región Caribe y Países en desarrollo obteniendo un valor medio de TPEF de 2,7 años, tomando como referencia el desempeño de algunas de las plantas de Petróleo y Gas del Complejo Petrolero y Petroquímico "José Antonio Anzoátegui" en el Estado Anzoátegui durante el 2003. Como referencia dos de las Plantas de Petróleo del Complejo "José Antonio Anzoátegui".

Caso N°1:

Población de 300 Bombas
 Total de 98 fallas en un año (2002)
 TPEF= 300/98= 3 años

Como podemos observar esta es una medida muy general que solo tiene fines de medición de desempeño táctico de las organizaciones, donde hay factores que juegan un papel fundamental en su variación:

Caso N°2:

Población de 648 Bombas
 Total de 521 fallas en 1 año (2003)
 TPEF= 648/521= 1,2 años

- Confiabilidad en el Diseño
- Tiempo Total de Operación de los Equipos
- Calidad del Mantenimiento
- Factores de Operación y Proceso

"Servir bien es nuestra norma, servirles mejor nuestro deseo..."

Antonio Varela / Presidente & Fundador / Electrin C.A.



Rif: J-08018407-6

ELECTRIN C.A.
MOTORES ELÉCTRICOS



- Bobinado y Servicio de Mantenimiento a Motores Eléctricos AC y DC
- Reparación de Generadores Eléctricos
- Reparación de Electrobombas Sumergibles y Horizontales
- Equipos de Diagnóstico y Prueba de Última Tecnología
- Balanceo Dinámico Computarizado de Equipos Rotativos hasta 8.000 Lbs
- Análisis de Vibraciones y Balanceo en sitio
- Prueba a Tensión Plena de Motores Eléctricos hasta 4160VAC 2500HP / 600VDC 400ADC



MIEMBRO ACTIVO DE:



www.electrin.com

Calle Sucre #128. Sector El Pensil - Puerto la Cruz - Estado Anzoátegui - Venezuela.
 Teléfonos: +58 (281) 266.15.50 / 269.81.86 - Fax: +58 (281) 269.57.72 - e-mail: info@electrin.com

Considerando estos factores, puede existir una variación del desempeño táctico en el orden de un 50%, es por ello que es importante resaltar que este tipo de estudios comparativos (Benchmarking) arroja una visión del nivel de gestión de mantenimiento de los equipos rotativos, específicamente para el caso de los Sistemas de Bombeo, sin embargo deben realizarse en condiciones, términos, contextos y entornos similares para la objetividad de la medición, como por ejemplo aplicar el estudio a los 04 Mejoradores de Crudo Extrapesados que operan en el complejo petrolero y petroquímico "José Antonio Anzoátegui" en Venezuela.

Cabe resaltar que este tipo de índice no toma en cuenta el factor "costo" que sería el aspecto que equilibra el concepto confiabilidad expresado en términos de eficiencia financiera (optimización de los recursos), donde sumáramos al concepto de Confiabilidad: "Y a un costo Efectivo/Eficiente"

Esto destaca la importancia de saber siempre "A Qué Costo" tenemos los mejores índices de fallas en nuestra planta.

MÁS ESPECÍFICO

Entrando a lo específico, se han desarrollado estudios estadísticos en los cuales se involucran los cálculos de TPEF para familias, grupos y equipos particulares, entre los cuales tenemos los sistemas de bombeo, estudios reconocidos como los desarrollados por los Proyectos OREDA, EsREDA y CCPS.

A diferencia de los datos que mostramos en las generalidades, uno de los muchos detalles que involucran estos estudios, consideran el análisis del índice TPEF como un valor estadístico de un número de instalaciones, una población de equipos de una misma familia y medido el indicador en tiempo calendario y tiempo de operación, además de su desviación estándar estadística.

N° Taxonómico		Item:				
Población	Instalación	Tiempo en Servicio				
		Tiempo Calendario			Tiempo operacional	
Modos de Fallas		N° de Falla	Rata de Fallas			
			Bajo	Promedio	Alto	DS

DS: Desviación Estandar
n/t: Número total de fallas entre el tiempo total en servicio.

Tabla N°2: Plantilla de datos OREDA

Extractos del Proyecto OREDA:

Población de: 350 Bombas Centrífugas. Con horas de Operación Total de: $5,7 \times 10^6$
 Número de fallas: 464
 $TPEF = 5,7 \times 10^6 / 464 = 1,4$ años
 Fallas críticas en Bombas Centrífugas.

Según el estudio OREDA se concluye que una referencia efectiva de TPEF específico para fallas críticas, para la familia de bombas centrífugas, estándares API y ASME, instaladas en Plataformas Petroleras Offshore es de: 1,4 años.

Extractos del CCPS:

Población de: 350 Bombas Centrífugas Criogénicas. Con horas de Operación Total de: 366.000
 Número de fallas: 86
 $TPEF = 366.000 / 86 = 0,5$ años. (6 meses)

Relacionado con los Estándares

Luego de observar una serie de datos y determinar algunos TPEF para los sistemas de bombeo de la industria del petróleo/gas/petroquímica/energética, los comparamos con los estándares (API y ASME) que rigen los criterios de diseño/construcción entre otros, de los sistemas de bombeo para estas industrias, la Tabla N°3 muestra estos resultados.

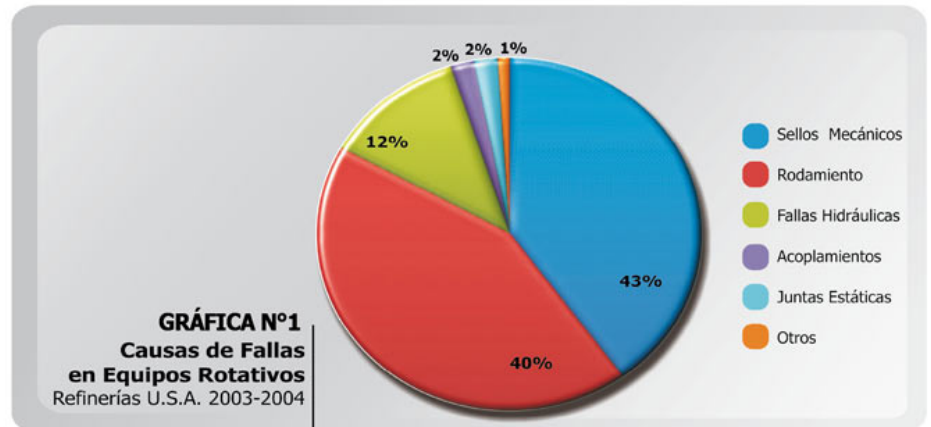
Antes de abordar los resultados de las referencias estándares, es preciso aclarar el enfoque y para ello analizamos un artículo de un estudio estadístico de fallas en Equipos Rotativos realizado durante los años 2003 y 2004 por la revista "Reliability Advantage Volumen-6 Sep-2005". En la gráfica extraída se pueden observar las principales causas de fallas que afectan los sistemas de bombeo en las plantas de refinación de petróleo.

	RODAMIENTOS		SELLOS MECÁNICOS	
	Norma ASME	Norma API	Norma ASME	Norma API
Mínima vida esperada	2 años	**	**	3 años

Tabla N°3: Mínima expectativa de vida de estándares.

El objetivo de mostrar la gráfica N°1, es asociar los componentes críticos de los sistemas de bombeo con su confiabilidad expresada en TPEF o expectativa mínima de vida útil operativa antes de ocurrir una falla, es esta la forma como podemos relacionar los números con los tiempos descritos en la norma, y cuyo valor es reforzado a través del término falla crítica utilizada por los estudios OREDA, EsREDA y CCPS.

Luego de poder generar una relación entre los valores calculados de TPEF y los tiempos descritos por los Estándares, podemos resumir lo indicado en la Tabla N°4, donde podemos analizar los resultados de los diferentes estudios y referencias ya mostradas y poder llegar a una conclusión mas clara y específica de los valores medios que pueden ser referencia para nuestras plantas, teniendo como valor referencial asertivo concluido por el autor en un valor de 2 años en TPEF de un sistema de bombeo, traducido también como la mínima expectativa de vida de los componentes críticos del sistema como lo son los sellos mecánicos y los rodamientos.



TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (TPEF)
Sistemas de bombeado

Proyectos estadísticos	1 año
Artículos estadísticos	2 años
Esperado por los estándares (ASME / API)	2,5 años
Conclusión del autor	2 años

Tabla N°4: Resultado Análisis de Datos TPEF

El Camino Correcto

Pudimos observar en la plantilla de datos descrita por OREDA similares a las del CCPS y EsREDA; la descripción de los Modos de Fallas para los respectivos cálculos estadísticos. Aquí hacemos acotación al concepto de modos de fallas descrito por la Norma ISO-14224, la cual es una guía para identificar que cada modo de falla es correspondiente a un evento no deseado de un ítem mantenible de nuestro sistema de bombeo. Con esto si podemos identificar los verdaderos

malos actores en términos estadísticos para luego de su análisis poder llegar a las causas raíces y a las acciones proactivas o centradas en confiabilidad correspondientes, que es el camino al éxito para mejorar el desempeño en la gestión de activos dinámicos.

Para culminar esta primera parte de nuestro artículo, destacaremos la importancia de desarrollar catálogos de fallas en nuestros Sistemas de Gestión de Mantenimiento como el mostrado en

la Tabla N°5, esto ayudará a adoptar la cultura de documentación y almacenamiento del dato de falla beneficiando el proceso de análisis.

El análisis de Confiabilidad involucra el empleo e interpretación de diversos formatos de gráficas tales como probabilidad de peligro, expectativa de vida remanente, entre otras. Estas serán tratadas en la continuación de este artículo en la próxima edición.

Equipo	CODIGO	Modo de Falla	CODIGO	CAUSA
-	006	Fuga Sellos Mec. Lado Acople	001	SUCIEDAD
-	-	-	002	FRACTURA
-	-	-	003	SOBRECALENTAMIENTO
-	007	Vibracion en Rodamiento Axial	001	SOBRECARGA
-	-	-	002	CORROSION
-	-	-	003	PITTING

Tabla N°5: Extracto de un catálogo de Fallas

Sobre el Autor:

Ernesto Primera es especialista en Confiabilidad de Equipos Rotativos con 14 años de experiencia en la Industria Petrolera y Energética Latinoamericana. Ingeniero de Mantenimiento con Postgrado en Confiabilidad y Riesgo. Su experiencia ha sido destacada como parte del Staff de Empresas como: Petrolera Ameriven - ConocoPhillips - Accroven -SKF - Flowserve. Ocupando cargos como: Especialista en Equipos Rotativos, Asesor Técnico, Inspector de Equipos Mecánicos, Especialista en Turbinas y Supervisor de Mantenimiento. Miembro y Certificado como facilitador por: ASME, ASTM y AIR. Autor de los Libros "Fundamentos en Bombas Centrífugas" y "Análisis de Causas Raíces". Se ha desempeñado como profesor de Mantenimiento en universidades Venezolanas. Ha Presentado y publicado diversos artículos en el área de mantenimiento y Confiabilidad en revistas físicas y electrónicas reconocidas en América y Europa. primeram2@asme.org

TERMOGRAFÍA INFRARROJA: Mantenimiento en la palma de su mano

David Trocel /GTS Confiabilidad, C.A. / www.confiabilidad.com.ve

La termografía infrarroja es una técnica de inspección predictiva con un sin fin de aplicaciones. Los avances de la tecnología la han convertido en una herramienta muy versátil, accesible y fácil de operar para monitorear una amplia gama de activos industriales, médicos, militares, civiles, ambientales, aeroespaciales, etc. Hoy en día la Termografía Infrarroja es una herramienta indispensable para apoyar los planes de mantenimiento predictivo, proactivo y preventivo de diversos sectores industriales.



¿QUÉ ES EL INFRARROJO?

La energía infrarroja forma parte del espectro electromagnético, su comportamiento es parecido al de la luz visible. El infrarrojo viaja a través del espacio a la velocidad de la luz con propiedades de reflexión, refracción, absorción y emisión. La energía infrarroja tiene una longitud de onda mayor a la luz visible, entre 0,7 y 1000 micrones (μm). Ejemplos de otras formas de radiación electromagnética son las ondas de radio AM y FM, los rayos X, los rayos UV (luz ultravioleta), entre otras.

Todo cuerpo u objeto emite radiación infrarroja en función de su temperatura, esta energía se produce por el movimiento de los átomos y las moléculas. A mayor temperatura mayor será la vibración de los átomos y las moléculas y así también será mayor la energía que el cuerpo emite. Y es esta energía la que los instrumentos especializados pueden capturar y cuantificar, captan radiación térmica, energía térmica y no temperatura.

LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA

La energía térmica que producen los objetos es invisible al ojo humano, la Termografía Infrarroja es la tecnología que permite transformar esta luz invisible en una imagen visible y cualitativa que representa un patrón térmico del objeto. Estas imágenes llamadas comúnmente termogramas, pueden ser tratadas de tal manera que nos permiten observar la temperatura de cualquier punto de un objeto, típicamente se observa una representación en una paleta de colores que suele representar lo más caliente en tonalidades rojas y lo más frío en tonalidades azules. De esta forma es fácil interpretar el perfil de temperaturas de un cuerpo representado en una imagen visible.

Las cámaras termográficas pueden captar la energía térmica superficial emitida por un cuerpo, pero no pueden ver a través del cuerpo.

La termografía es diferente a la visión nocturna, algunos equipos especializados permiten ver ante situaciones de muy baja luminosidad, esto porque magnifican cualquier mínima fuente de luz del entorno, sin embargo siempre ven imágenes en el rango visible. La termografía infrarroja no requiere de luz, no ve al objeto en sí, sino el calor emitido por éste en forma de ondas infrarrojas.

POR QUÉ TERMOGRAFÍA INFRARROJA

Usada adecuadamente y enmarcada dentro de un Programa de Monitoreo de Condición, la termografía infrarroja puede aportar importantes beneficios para la optimización de la Planificación y Programación del Mantenimiento, el incremento de la seguridad, la disponibilidad y la confiabilidad.

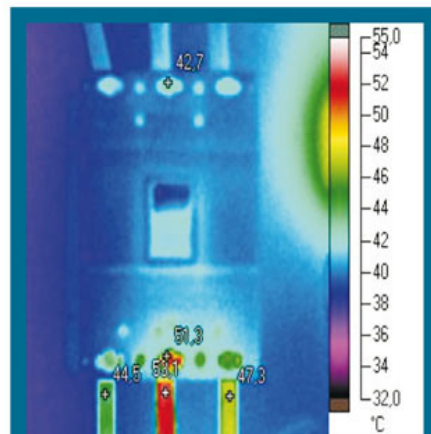
- Muchas fallas en equipos y sistemas involucran un cambio de temperatura en presencia de alguna anomalía.
- Las imágenes termográficas se captan con los equipos en operación y a plena carga, no es necesario afectar la continuidad operacional. De hecho es recomendable hacer las inspecciones con un mínimo de 40% de los niveles de carga.
- La termografía infrarroja permite hacer las inspecciones sin contacto y a distancia, lo que representa un punto importante para la seguridad. De esta manera se tiene acceso a lugares o puntos que no son posibles de medir con otro tipo de tecnología. En algunos casos, en presencia de alto voltaje, es necesario tomar precauciones adicionales.
- Las técnicas de inspección son rápidas y relativamente sencillas, lo que permite cubrir muchos activos en períodos más cortos que otras técnicas.

UNA IMAGEN DICE MAS QUE MIL PALABRAS

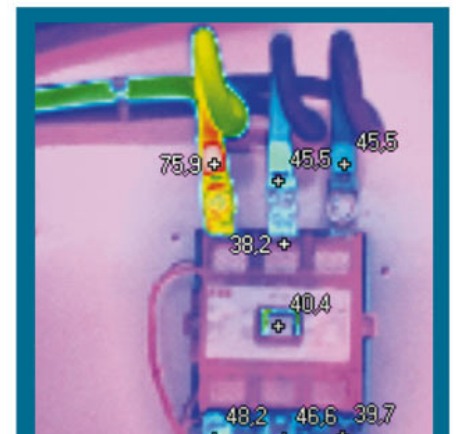
ALGUNAS APLICACIONES DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA

SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

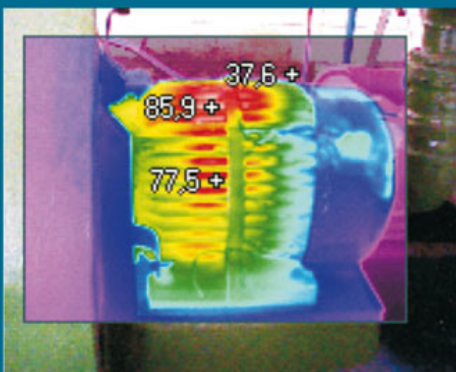
Generadores, centros de control de motores (MCC), subestaciones, transformadores, interruptores, bancos de baterías, motores eléctricos, fusibles, sistemas de transmisión, circuitos impresos, UPS, puntos de microsoldaduras, monitoreo de desempeño de microchips...



Conexiones eléctricas



Contactor eléctrico con fase sobrecargada o conexión floja



Dos motores eléctricos similares en la misma aplicación, nótese el sobrecalentamiento en el de la izquierda.

Análisis de Vibraciones & Balanceo



VIBXPERT®



VIBSCANNER®

Ver el VIDEO en línea

La herramienta adecuada para cada usuario, presupuesto y trabajo

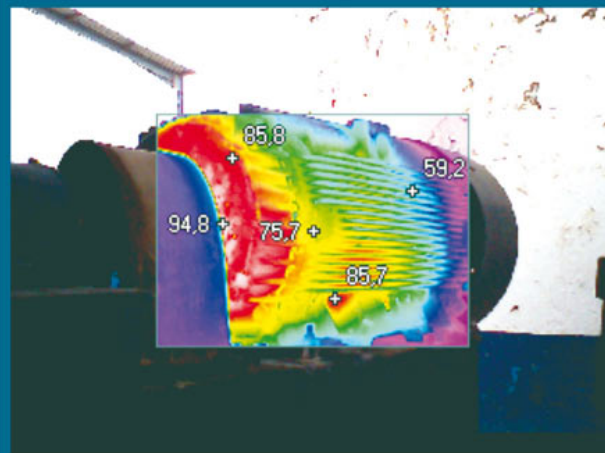
LUDECA
I N C .

305-591-8935 • www.ludeca.com

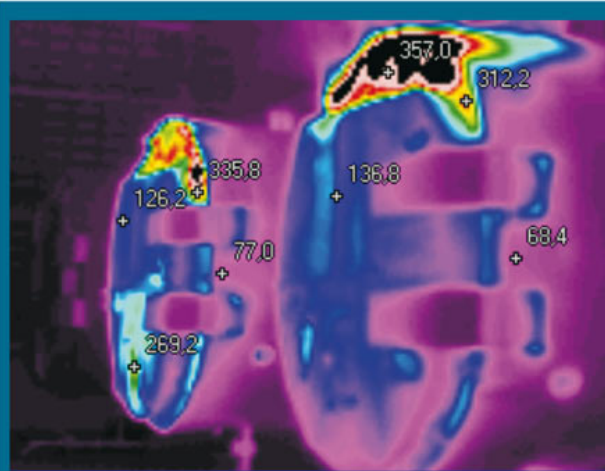
LAS MÁQUINAS HABLAN

SISTEMAS MECÁNICOS

Calderas, refractarios, rodamientos, sistemas de combustión, hornos, fugas de refrigeración, fugas de vapor, procesos petroquímicos, intercambiadores de calor, torres de procesos, tanques, recipientes de alta presión...



Motor eléctrico con temperatura anormal en el rodamiento lado acople.



Falla de aislamiento en un grupo de calderas, la zona negra indica valores más allá del rango de medición de la cámara utilizada, más de 350°C.



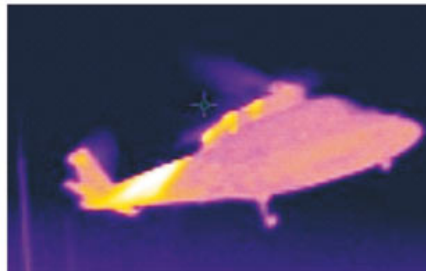
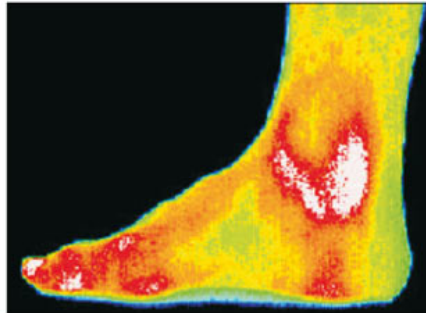
Una caldera en buen estado.

La termografía además se usa en el campo de la Medicina para observar ciertos comportamientos del organismo y algunas enfermedades cuyos síntomas afectan la temperatura corporal en áreas específicas.

En el campo de la protección ambiental se aplica para el monitoreo de reservas forestales, animales y acuíferas por ejemplo.

En el campo civil para el monitoreo de fallas en edificaciones: Aire acondicionado y calefacción, evaluación de filtraciones, integridad de concreto, fallas de aislamiento, cableado y conexiones eléctricas, tuberías...

En el campo militar, el cual dio origen a esta tecnología, el infrarrojo es usado para el mantenimiento de los activos y como herramienta de apoyo para las operaciones militares.



CONCLUSIONES

No hay soluciones fáciles para combatir los altos costos del mantenimiento, contar con los recursos y tecnologías para maximizar la eficiencia de esta labor de forma viable requiere de esfuerzo, tiempo y dedicación. Crear un plan de inspección sistemático, generar una base de datos de activos y establecer una línea base de desempeño son factores invaluable de un Programa de Mantenimiento Predictivo. Es importante destacar que estos programas basados en monitoreo de la condición de los activos y el diagnóstico temprano de fallas no se mantienen aplicando técnicas individuales como termografía, análisis de vibraciones o monitoreo de lubricantes de manera aislada; en muchos casos es necesario complementar los datos integrando todas estas tecnologías, sobretodo en los denominados activos críticos de una planta.

AGRADECIMIENTOS:

Al Ing. José Luis Ocke, Gerente de Mantenimiento, Distribuidora Sal Bahía, Barcelona.

REFERENCIAS

1) JOHN SNELL, INFRARED THERMOGRAPHY: A BETTER TOOL THAN EVER!. WWW.THESNELLGROUP.COM / 2) HTTP://COOLCOSMOS.IPAC.CALTECH.EDU/COSMIC_CLASSROOM/IR_TUTORIAL/ / 3) WHY THERMOGRAPHY IS GOOD FOR YOUR BUSINESS. WWW.FLUKE.COM / 4) IR THERMOGRAPHY PRIMER. WWW.INFRAREDTRAINING.COM / 5) The basics of predictive / preventive maintenance. WWW.FLUKE.COM

J-00061445-8

COASIN

Calle 9 con Calle 4, Edif. Edinurbi, Piso 3, La Urbina. Caracas.
Telf.: (212) 241.03.09-62.14 / Fax: (212) 241.19.39
silviaaguilar@coasin.com.ve / luisquintero@coasin.com.ve
www.coasin.com.ve

CAMARAS TERMOGRÁFICAS Ti25 y Ti10 FLUKE®

Los instrumentos definitivos para el mantenimiento y la resolución de problemas

Tecnología IR-Fusion®: la fusión de imágenes reales e infrarrojas hacen los infrarrojos mas comprensibles

Robustas, fiables, fáciles de usar.

Varios modelos para cualquier presupuesto o aplicación

La visión infrarroja de toda la vida ya no es suficiente

EXAMINAR Y RESOLVER ¡CON RAPIDEZ!



SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PARA MATERIALES PELIGROSOS

Colaboración de Sara Chávez, Supervisor SHA(E) Supermetanol, C.A.



Ante un sistema de almacenamiento de cualquier sustancia química o material peligroso es importante conocer las respuestas ante cuatro preguntas básicas: ¿Es peligroso para la salud? ¿Es inflamable? ¿Qué sustancia es? y ¿Sabemos cómo reacciona?

Los sistemas de identificación de riesgos para sustancias o materiales peligrosos se han diseñado para que estos sean reconocidos fácilmente y a distancia y para dar una primera orientación en cuanto a la manipulación, almacenaje y transporte.

¿POR QUÉ UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN ESTANDARIZADO?

Los materiales peligrosos son transportados y almacenados frecuentemente en grandes cantidades. Un escape accidental de estos materiales presenta un peligro potencial para la vida y el medio ambiente. El accidente puede ser manejado más rápidamente cuando el material peligroso es identificado y caracterizado específicamente. Dada esta necesidad inmediata de información concerniente a un material peligroso, se han desarrollado varios sistemas de identificación de estos materiales, con el fin de ayudar a enfrentar con rapidez y seguridad un problema que puede originar peligros a la salud, al medio ambiente y a las instalaciones.

En este boletín se presentará un resumen sobre el sistema propuesto por la Asociación Nacional de Protección contra

Incendios (USA) "National Fire Protection Association" (NFPA) y de manera específica el **Sistema de Normas para la Identificación de Riesgos de Incendio de Materiales, NFPA 704**, el cual se emplea para tanques de almacenaje y recipientes pequeños en instalaciones permanentes. Un segundo sistema se usa exclusivamente para depósitos y tanques transportados en la comercialización y disposición de los materiales peligrosos. El Departamento de Transporte (DOT) de los Estados Unidos de América es responsable de este sistema, apoyado en los lineamientos del sistema de clasificación propuesto por la Organización de las Naciones Unidas. Su empleo se basa en el uso de placas y etiquetas.

Hoy hablaremos un poco del primer sistema, el mismo lo encontraremos dentro de nuestras áreas de trabajo, de allí la importancia de que se conozca adecuadamente esta nomenclatura. Cuando realizamos trabajos cerca de los contenedores, tanques, barriles, recipientes, etc., debemos tomar como primera consideración toda la información que se trasmite en la señal de identificación de riesgo del material almacenado, esto nos garantizará un trabajo más seguro y controlado.

SISTEMA ESTANDARIZADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGO DE INCENDIO DE MATERIALES PELIGROSOS: NFPA 704

Este sistema de información se basa en el "ROMBO DE LA NORMA NFPA 704", que representa visualmente la información sobre tres categorías de riesgo: SALUD, INFLAMABILIDAD Y REACTIVIDAD, por medio de una numeración que indica el nivel de gravedad de cada una de estas categorías. También señala dos riesgos especiales: la reacción con el agua y su poder oxidante. En Venezuela este sistema es aceptado por la Norma COVENIN 3060 – 2002: MATERIALES PELIGROSOS. CLASIFICACIÓN, SÍMBOLOS Y DIMENSIONES DE SEÑALES DE IDENTIFICACIÓN.

El rombo ofrece una información inmediata, incluso a costa de cierta precisión y no hay que ver en él más de lo que estrictamente indica.

El sistema normalizado (estandarizado) usa números y colores en un aviso para definir los riesgos básicos de un material peligroso. La salud, inflamabilidad y la reactividad están identificadas y clasificadas en una escala del 0 al 4, dependiendo del grado de peligro que representen.

Las clasificaciones de productos químicos individuales se pueden encontrar en la "guía para materiales peligrosos" de la NFPA.

Sistema estandarizado para la identificación de riesgo de incendio de materiales peligrosos (NFPA 704) en instalaciones permanentes



Salud

- 4- Demasiado peligroso
- 3- Muy peligroso
- 2- Peligroso
- 1- Ligeramente peligroso
- 0- Como material corriente

Inflamabilidad

- 4- Extremadamente inflamable – debajo de los 25 C°
- 3- Ignición a temperaturas normales – debajo de los 37 C°
- 2- Ignición al calentarse normalmente – debajo de los 93 C°
- 1- Debe precalentarse para arder – sobre 93 C°
- 0- No arde

Reactividad

- 4- Puede explotar
- 3- Puede explotar por fuerte golpe o calor
- 2- Posibilidad de cambio químico violento
- 1- Inestable si se calienta
- 0- Estable normalmente

Riesgo Especial

- W- Evite utilizar aguas
- OX- Oxidante
- ALC- Alcalino
- ACID- Ácido

En cada una de las secciones del rombo se coloca el grado de peligrosidad: 0, 1, 2, 3 ó 4; siendo en líneas generales el cero (0) el menos peligroso, aumentando la peligrosidad hasta llegar a cuatro (4), el nivel mas alto de riesgo.

PARA SABER

- **Sustancia peligrosa:** produce o puede producir daños a la salud, ambiente o instalaciones.
- **Comburente:** sustancia que proporciona el oxígeno para una combustión.
- **Combustible:** sustancia que es capaz de entrar en combustión.
- **Combustión:** oxidación de una sustancia por acción del oxígeno u otro comburente, con desprendimiento de calor, gases y llama.
- **Inflamación:** iniciación de la combustión provocada por la elevación local de temperatura.

RECUERDE TODA SUSTANCIA QUE USTED DESCONOZCA DEBE CONSIDERARLA COMO PELIGROSA



Asesoría y consulta Técnica en:

- Identificación de peligros en puesto de trabajo
- Notificación de riesgos
- Programas de Seguridad y salud en el trabajo
- Evaluación ergonómica de puestos de trabajo y Programas Ergonómicos
- Asesoría en la elaboración e implantación para programas de Vigilancia Epidemiológicas
- Identificación y evaluación de los factores psicosociales en los puestos de trabajo
- Planes y simulacros de emergencias
- Elaboración de análisis de riesgo
- Asesoría a los servicios de seguridad y salud laboral
- Auditoría a los sistemas de gestión de seguridad y salud laboral
- Evaluación de factores de riesgos ambientales

CURSOS	Fecha	Lugar	Inversión Bs.F
Seguridad, Higiene y Ambiente. Módulo C (Supervisorio). 40 horas	28 Febrero y 1, 7 y 8 Marzo	PLC	350 + IVA
Evaluación de Factores Disergonómicos en los Puntos de Trabajo 16 horas	26 y 27 Febrero	PLC	180 + IVA
Jornadas de Actualización LOPCYMAT, Reglamento y Normas Técnicas. 16 horas	13 y 14 Marzo	Maturin	180 + IVA
Manejo de Montacargas 08 horas	07 Marzo	PLC	250 + IVA
Manejo Defensivo 08 horas	14 Marzo	PLC	115 + IVA
Investigación y Reporte de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Ocupacionales. 16 horas	20 y 21 Marzo	Maturin	180 + IVA
(Combo) Evaluación de Atmosfera Peligrosa, Espacio Confinado Permiso de Trabajo. 40 horas	28 y 29 Marzo 4 y 5 Abril	PLC	350 + IVA

Especialistas en servicios de Seguridad y Salud Laboral

Ofic. Ppal. Pto. La Cruz: Paseo Colón c/calle Monagas No. 6 C.C. Hotel Rasil, nivel 2, local 8 - Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui Telefax: (0281) 267.43.67

Maturin: Av. Alirio Ugarte Pelayo, Centro Empresarial Petroriente. Piso 2, Ofic. 02-S51, Maturin - Edo. Monagas Telf.: (0291) 643.55.75

El Tigre: Av. Intercomunal. Tigre - Tigrillo C.C. "Z y L", Local No. 3 Telf.: (0283) 255.05.26

www.shadevenezuela.com.ve



GLOSARIO

CERO ABSOLUTO

El cero absoluto representa el más bajo nivel de energía de un cuerpo, por lo tanto en el cero absoluto se emite el nivel de radiación infrarroja más bajo. Cuantitativamente el cero absoluto equivale a $-273,16^{\circ}\text{C}$, $-459,67^{\circ}\text{F}$, ó 0°K .

CUERPO NEGRO

Es lo que se conoce como un radiador perfecto. Un cuerpo negro tiene una emisividad igual a 1, esto quiere decir que toda la energía que absorbe también es emitida. Un cuerpo negro es un objeto teórico o ideal que absorbe toda la luz y toda la energía radiante que incide sobre él. Nada de la radiación incidente se refleja o pasa a través del cuerpo negro. El nombre Cuerpo negro fue introducido por Gustav Kirchhoff en 1862.

EMISIVIDAD

Se define como la relación de energía que irradia un objeto a una temperatura determinada con la energía irradiada por un cuerpo negro a la misma temperatura, La emisividad de un cuerpo negro es 1, el resto de valores de emisividad para otros objetos reales varía entre 1 y 0. La emisividad es la proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto a una temperatura determinada. Los factores más importantes que afectan la emisividad son la temperatura del cuerpo, el material y la forma geométrica. Una alta emisividad, cerca de 1, significa que el cuerpo es un buen emisor de radiación infrarroja o térmica. Existen muchas tablas que clasifican diversos materiales mostrando su emisividad en función de la temperatura. En general los cuerpos opacos poseen alta emisividad y los cuerpos brillantes (ej. cromo, acero inoxidable, aluminio) tienen baja emisividad.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Existen diferentes tipos de luz o radiación que pueden viajar a través del espacio o la atmósfera, estas ondas han sido clasificadas por su longitud de onda o frecuencia, en el rango conocido como Espectro Electromagnético. El ojo humano solo puede captar una pequeña parte de este espectro: la luz visible. Otras formas de radiación que componen el espectro electromagnético son los rayos Gamma, los rayos X, la luz ultravioleta (UV), las microondas y las ondas de radio AM y FM. La única diferencia entre todas estas formas de radiación es su longitud de onda o frecuencia. Todas ellas viajan a la velocidad de la luz.

LUZ INFRARROJA

La energía infrarroja es un rango de luz que no es visible al ojo humano, porque la longitud de la onda que la forma es demasiado extensa por lo que tiene una muy baja frecuencia. La energía infrarroja es la parte del espectro electromagnético que percibimos como calor. A diferencia de la luz visible, en el mundo infrarrojo, todo aquello con temperatura por encima del cero absoluto emite calor. Aún muchos objetos relativamente fríos, como los cubos de hielo, emiten rayos infrarrojos. Mientras más alta sea la temperatura de un objeto, mayor será la radiación Infrarroja (IR) emitida. La luz infrarroja tiene una longitud de onda mayor que la luz visible y menor que las ondas de radio. La principal fuente de infrarrojo es el calor o radiación térmica. La longitud de onda de la radiación infrarroja varía entre $1\ \mu\text{m}$ y $1\ \text{mm}$. Por otra parte la luz visible se encuentra en un rango entre $0,4\ \mu\text{m}$ a $0,75\ \mu\text{m}$. Algunos animales, como ciertas serpientes tienen capacidades para ver en algún nivel del rango infrarrojo, así pueden ver cuerpos calientes con muy poca o en la ausencia de luz, los humanos solo podemos percibirlo a través de nuestra piel en forma de calor.

LUZ ULTRAVIOLETA

Se denomina radiación ultravioleta o radiación UV a la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los $400\ \text{nm}$ ($4 \times 10^{-7}\ \text{m}$) y los $15\ \text{nm}$ ($1,5 \times 10^{-8}\ \text{m}$). Su nombre proviene de que su rango empieza desde longitudes de onda más cortas de lo que los humanos identificamos como el color violeta.

MICRON (μm)

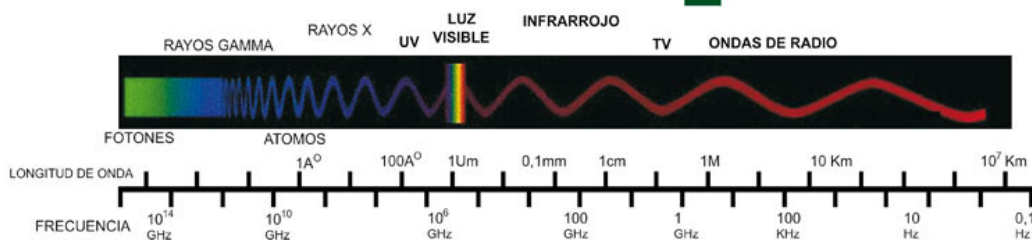
Milésima de milímetro, un micrón es una unidad de longitud que equivale a $0,001\ \text{mm}$, $1/1000\ \text{mm}$. Corresponde a la millonésima parte de un metro, $1\ \mu\text{m}$ es igual $10^{-6}\ \text{m}$. También se denomina micrómetro o micra. Se denota con la letra griega "μ"

NANOMETRO (nm)

El nanómetro es la unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro. Comúnmente utilizada para medir la longitud de onda de la radiación ultravioleta, radiación infrarroja y la luz. Recientemente la unidad ha cobrado notoriedad en el estudio de la nanotecnología, área que estudia materiales que poseen dimensiones de unos pocos nanómetros. El nanómetro se abrevia nm. $1\ \text{nm} = 1 \times 10^{-9}\ \text{m}$

VELOCIDAD DE LA LUZ

La velocidad de la luz en el "vacío" es por definición una constante universal de valor $299.792.458\ \text{m/s}$. Es la velocidad de propagación de todo tipo de radiación electromagnética.



REFERENCIAS:

- 1) es.wikipedia.org
- 2) The Temperature Handbook, Omega. 2005, 5ta. edición.
- 3) Ir Thermography Primer. www.infraredtraining.com
- 4) www.fluke.com



SOLUCIONES PARA LA CONFIABILIDAD INDUSTRIAL

- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO
- MONITOREO Y ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN EQUIPOS ROTATIVOS
- TERMOGRAFÍA INFRARROJA
- ALINEACIÓN LÁSER
- BALANCEO DINÁMICO
- ASESORÍA TÉCNICA

ACADEMIA DE CONFIABILIDAD

- ANÁLISIS DE VIBRACIONES NIVEL I Y II SEGÚN ISO 18436-2
- LUBRICACIÓN INDUSTRIAL
- BALANCEO Y ALINEACIÓN DE EQUIPOS ROTATIVOS
- TECNOLOGÍAS PREDICTIVAS
- MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD
- ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ: ACR (Curso ASME)

Carrera 9, Edificio Churún Merú N°2B, Lechería, Edo. Anzoátegui
Venezuela, Telf.: 0414-8174180 / (0281)2812441
e-mail: academia@confiabilidad.com.ve

Visítanos en www.confabilidad.com.ve

INTERCAMBIADORES DE CALOR Y CALDERAS, C.A



INCALCA

Especialistas en Mantenimiento de Equipos de Transferencia de Calor (Intercambiadores, Hornos y Calderas)

RIF: J-07047774-1

- Reparación y alteraciones de equipos estampados ASME.
- Fabricación de todo tipo de recipientes a presión con o sin estampe ASME.
- Izamiento de cargas.
- Soldadura en general
- Soldaduras especiales (TIG, MIG, aluminio, aceros inoxidable, bronce, etc.)
- Tratamientos térmicos localizados.
- Sand-blasting e Hidro-blasting.
- Pintura industrial.
- Limpiezas industriales en general.
- Paradas de planta.
- Suministro de personal, equipos y herramientas.
- Hidroextractor de haces tubulares (60.000 Lbs de empuje).



La más versátil de su tipo.!



Principal: Av. No. 5 (Vía complejo Petroquímico El Tablazo). Los Puertos de Altigracia Edo. Zulia,
Tele-Fax: (0266) 3210222 (Master) - 3210961. Celular: (0414) 3617300 - 3617301
e-mail: incalca@cantv.net, edgardperez@incalca.com, d.teran@incalca.com

Sucursal Oriente: Av. José Antonio Anzoátegui. C.C. Puerto Píritu. Local PB-06. Puerto Píritu
Edo. Anzoátegui. Tele-Fax (0281) 4412782. Celular: (0414) 3600487
e-mail: incalcaoriente@mipunto.com, a.barboza@incalca.com
Pagina Web: www.incalca.com