

PREDICTIVA 21

Año 11 - No. 49 Mayo 2024

**La satanización del
Mantenimiento Correctivo**

| Robinson Medina

**La otra visión de la
Confiabilidad Operacional**

| Jean M Farfán Cova

**Holgura rotativa y
sus etapas analizadas
con la forma de onda
de aceleración**

| José Daniel Acosta Robles

ENTREVISTA A JOSÉ PÁRAMO

EL EMBAJADOR

INTERNACIONAL

DE LA TRIBOLOGÍA

- 03** Editorial

- 04** Entrevista a José Páramo, el "Embajador Internacional de la Tribología"
Lisset Chávez

- 12** Indicadores BS-EN 1534
Andrés González

- 19** Reportaje: Traction Maintenance Day
Lisset Chávez

- 23** La otra visión de la Confiabilidad Operacional
José M. Farfán Cova

- 28** Planes de formación basados en perfiles técnicos: Clave para el éxito del Departamento de Mantenimiento
Lisset Chávez

- 32** Advantages & disadvantages using active magnetic bearings vs gas/air bearings vs lube oil bearings in turbomachinery
Alberto Martínez Llaurado

- 37** Ventajas y desventajas de usar cojinetes magnéticos activos vs cojinetes de aire/gas vs cojinetes de aceite lubricante en la turbomaquinaria
Alberto Martínez Llaurado

- 45** Holgura rotativa y sus etapas analizadas con la forma de onda de aceleración
José Daniel Acosta Robles

- 50** Hablemos de Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad, Seguridad y Riesgo de Activos
Elimar Anauro Rojas Monsalve

- 52** Criterios ESG: Impacto en las Decisiones de Inversión en 2024
Leonardo Vieira

- 56** Cómo elegir la herramienta de ACR más efectiva
Augusto Constantino

- 62** La Revolución de la IA en Mantenimiento: Diego Galar
Lisset Chávez

- 70** La Satanización del Mantenimiento Correctivo
Robinson José Medina Nuñez

- 75** Mantenimiento: ¿Costos, gastos o inversión?
José Contreras Márquez

- 78** Ciberseguridad IEC 62443 para Sistemas de Control y Automatización Industrial (IACS) en la Industria de Generación Energética
Glenda Gutiérrez Capriles

- 87** Mantenimiento preventivo de las fábricas y su impacto en la eficiencia global de equipos
Richard Zamora Yánsi

- 89** Para realizar un Modelo de Criticidad de Activos Físicos, no hay recetas estandarizadas
Nayrih M. Medina Calleja

- 92** Innovación, predicción y tecnología, las claves del éxito en nuestro bienestar
Laudelino Javier Sánchez

EDITORIAL



Andrés Enrique González Giraldo
Editor y CEO de Predictiva21
andres.gonzalez@predictiva21.com

Enrique Javier González Hernández
Fundador y Chairman de Predictiva21
enrique.gonzalez@predictiva21.com

Lisset Chávez González
Directora Editorial
lisset.chavez@predictiva21.com

Alejandro José Godoy Rodríguez
Director de Operaciones
alejandro.godoy@predictiva21.com

Montserrat Sánchez González
Diseñadora Gráfica
montserrat.sanchez@predictiva21.com

En esta edición tenemos el honor de presentar a una figura prominente en el ámbito de la Tribología y la Gestión de Activos: **José Páramo**. Como **CEO y presidente de Grupo Techgnosis**, Páramo ha sido una voz líder ante en la evolución del Mantenimiento.

José, **fundador de TICD y del Congreso Internacional PRECONLUB**, es el creador de la Metodología RCT® - Reliability Centered Tribology, una innovación que ha redefinido las prácticas de Lubricación y Mantenimiento a nivel global. Con más de 30 años de experiencia en el sector, su contribución no solo se ha limitado a la práctica directa, sino que también ha extendido su conocimiento y experiencia a través de la publicación de 10 libros fundamentales en el campo.

En nuestra entrevista José nos comparte insights valiosos sobre los desafíos actuales en la industria, las tendencias emergentes y las estrategias que las empresas deben adoptar para superar los obstáculos del Mantenimiento. Su perspectiva única no solo proviene de su rol como ejecutivo y consultor, sino también como educador y líder de pensamiento, certificado por el ICML con las acreditaciones MLI T I, MLA II, MLA III y MLE.

Este número no solo destaca la trayectoria y logros de José Páramo, sino que también explora cómo su liderazgo y sus metodologías han impulsado la Confiabilidad y Eficiencia Operativa en numerosas organizaciones a nivel mundial.

Además, esta edición está cargada de contenido técnico de alto valor, incluyendo artículos detallados sobre Confiabilidad Operacional, ventajas y desventajas de usar cojinetes magnéticos activos vs cojinetes de aire/gas vs cojinetes de aceite lubricante en la turbomaquinaria, y un análisis en profundidad sobre holgura rotativa y sus etapas analizadas con la forma de onda de aceleración. También abordamos temas críticos como la satanización del Mantenimiento Correctivo, explorando nuevas perspectivas y soluciones para los retos del Mantenimiento de hoy.

Estamos seguros de que las ideas y consejos compartidos por todos los entrevistados y articulistas serán de gran valor para nuestros lectores, desde los ingenieros en el campo hasta los ejecutivos en la sala de juntas.

¡Prepárese para inspirarse y transformar su enfoque hacia el Mantenimiento, la Confiabilidad y la Gestión de Activos!

Un abrazo grande.

Andrés González

Editor y CEO de Predictiva21

** Predictiva 21 no se hace responsable por las opiniones emitidas en los artículos publicados en esta edición. La línea editorial de esta publicación respetará las diversas corrientes de opinión de todos sus colaboradores, dentro del marco legal vigente.*

Entrevista a José Páramo, el "Embajador Internacional de la Tribología"



Como líder en la industria de la lubricación, ¿cómo describirías la importancia de la tribología centrada en confiabilidad (RCT®)?

José Páramo - Agradezco mucho la pregunta que haces, pues me permite poder compartir con todos los miles de lectores de Predictiva 21 información respecto a la relevancia de la lubricación en la confiabilidad y ciclo de vida de los activos en la industria:

Fabricantes de equipo original (OEM) de Clase Mundial, así como instituciones académicas y de investigación de reconocido prestigio internacional, dejan claramente establecido en sus publicaciones, en sus sitios web, en sus folletos, en sus reportes de investigación, en presentaciones en congresos, etc., que la lubricación incorrecta y la contaminación de los aceites y grasas lubricantes, representan nada más y nada menos que entre el 50 % y el 85 % de las causas raíz de falla de los activos dinámicos sujetos a lubricación, algunos ejemplos: SKF (54 %), FAG (más del 50 %), NSK (80 %), Timken (más del 90 % de la vida de un rodamiento se reduce por la contaminación con agua en el lubricante), Vickers y Eaton (80 %), Parker (80 %), Rexroth (75 %), Bosch (75 %), Caterpillar (80 %), Chevron (82 %), TotalEnergies (50 %), el Instituto Jost en Inglaterra (más del 53 %), el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas, el Modelo Toyota de Producción y el Mantenimiento Productivo Total - TPM (60 %), el Instituto Tecnológico de Massachusetts - MIT en Estados Unidos a través del estudio del Dr. Rabinowicz (70 %), la Universidad de Oklahoma también ha hecho investigación de cómo aumenta el desgaste en partes de bombas de paletas, en función del contenido de agua

en el lubricante (al aumentar de 0 % al 0.05 %, es decir, 500 ppm -partes por millón- de agua en el aceite, el desgaste se incrementó en más de 700 veces), etc.

Como se puede observar, cada organización menciona diferentes porcentajes, pero hay una clara convergencia en sus conclusiones: la lubricación y el control de contaminación de los fluidos lubricantes, son aspectos angulares en el ciclo de vida de un activo... ¡Y en qué altísimos porcentajes! Entonces, para responder tu pregunta: he aquí la relevancia de RCT® (Reliability Centered Tribology - Tribología Centrada en Confiabilidad) que es la bien probada metodología de Techgnosis: es RCM II aplicada a los modos de falla tribológicos. Ocurre entonces que cuando las empresas han aplicado RCT® (registrado en 28 países por Asset Tribological Management, S.A. de C.V. y por Techgnosis International, S.A. de C.V.) a sus activos críticos y/o representativos, han logrado una importante reducción de averías/costos en sus procesos, me permito mencionar a varias de estas empresas de clase mundial: Repsol - Refinería, CEPESA-Compañía Española de Petróleo (tanto en refinerías como en plantas químicas), Iberdrola (plantas de generación de energía), Arca Continental - Coca Cola, Femsa - Coca Cola, Pepsi estas últimas en el sector alimenticio-embotelladoras, Deacero - siderúrgica, Bahía Biskaia Gas en el área de Oil & Gas, CIE Automotive (Autopartes), Unilever (alimentos) Johnson Controls y Clarios (baterías para automóviles), AB InBev, Cerveza Corona, etc., en plantas en Asia, Europa, Medio Oriente y América

Entrevista por Lisset Chávez

¿Podrías compartir alguna experiencia particular o desafío significativo que hayas enfrentado y que haya influido en tu enfoque y perspectiva profesional?

José Páramo - Claro, hay varios:

- » Que la Alta Gerencia de las organizaciones reconozca el rol tan importante de la lubricación en su planta. Lo que hemos hecho es crear muchas maneras de evaluar tanto de manera económica como financiera (programas de cálculos, casos de negocio tipo Harvard, ¡vamos hasta un curso de 3 días – 24 horas!) para “monetizar” los beneficios de la Lubricación de Excelencia y, con ello, lograr el objetivo buscado arriba escrito, pero... No es una tarea sencilla.
- » Cada vez hay más competencia en el sector donde actuamos, mi principal competidor lo hace bien y esa es una competencia valiosa, pues nos hace tener que ser mejores, pero ahora hay personas u organizaciones que no participan de manera ética, por ejemplo, una persona que estudió medicina y no terminó su carrera, pero por azares del destino tomó un curso de capacitación en lubricación y ahora... ¡Ofrece cursos de lubricación de un área que le

es totalmente ajena! Ello me parece una falta de respeto a los usuarios de lubricantes en la industria y de seriedad... Un oportunismo... También, hay (y esto está ocurriendo también con vibraciones, termografía, etc.) personas sin experiencia de trabajo, pero han tomado un curso, lo copian y lo ofrecen a un precio ínfimo sin respetar derechos de autor y prostituyendo el mercado... ¿Qué queda entonces por hacer? Pues registrar todo (a la fecha tengo 8 registros/patentes en 28 países) y enfocarse en la seriedad, calidad y profesionalizando cada vez más los servicios de formación y consultoría que se ofrecen, aportando “expertise” real, para contribuir a las mejores prácticas de lubricación en la industria del mundo.

- » Y algo adicional: Ahora hasta una empresa experta en vibraciones (y sí que lo es), ya se ha lanzado al rol de experta en lubricación (y no lo son) ... ¡Por favor! ¡Zapatero a tus zapatos!.

¿Cuál es su opinión sobre la evolución de la tecnología en el Mantenimiento Predictivo y la Confiabilidad en la última década, y cómo ha impactado en las operaciones industriales?

José Páramo - Tuve la oportunidad de dar una Conferencia en Europa, en la Asociación Española de Mantenimiento con la participación de muchos países de la Comunidad Europea y, justamente, la pregunta que planteas era un tema central en ese Congreso, hubo, claro, muchas ponencias al respecto. Se mostraron estadísticas de cómo la inversión de las organizaciones en mantenimiento predictivo ha pasado de ser marginal a ocupar ya -al menos- entre el 10 % y el 12 % del presupuesto en los últimos 10 años y que ahora se ha visto potenciado con la digitalización de todo, con el IoT y la total conectividad con nuevas tecnologías: tenemos nuevos sensores de vibraciones, de temperatura, de análisis de aceite, trabajando y proporcionándonos información en tiempo real y todo ello, sin duda, contribuye y ha de aportar cada día más a la detección temprana de fallas para evitar acciones correctivas y optimizar el mantenimiento preventivo. Con lo cual, la confiabilidad de los activos será beneficiada teniendo ello un muy positivo impacto en las operaciones industriales, ello debe o deberá ocurrir sí o sí...

En tu papel como Presidente y Fundador del Grupo Techgnosis, ¿cuáles son los principales objetivos y metas que tienes para la expansión y el impacto de tu empresa en el ámbito internacional?

José Páramo - ¿Sabes? Para responder a tu pregunta, necesito regresarme un poco en el tiempo: Cuando iniciamos la aventura de Techgnosis hace ya casi 18 años teníamos la simple meta -como todos, supongo, en un principio- de hacer una cartera de clientes, facturar y sí, crecer... Pero esto es como la vida de todos nosotros: conforme van pasando los años, así como transcurren “las etapas de la vida”, las metas y los horizontes cambian... Permíteme compartirte algo importante, para en base a ello, darte posteriormente una respuesta a tu pregunta: En una empresa del sector siderúrgico, después de hacer proyectos con ellos, el entonces Gerente de Operaciones (Ing. Antonio Villarreal) me hizo ver las cosas desde una perspectiva más amplia y positiva, lo cual agradezco y, hasta la fecha, ello nos mueve y nos moti-

va... Palabras más, palabras menos, me dijo algo como esto: “Sabes, Páramo, cuando tú o tu equipo de consultores viene a la planta, siempre cumplen una “misión de bien”, pues a las personas las capacitan, con lo cual, hacen mejor su trabajo y se ven favorecidas en su salario como compensación, “a los fierros” (se refería a su maquinaria) hacen que, con sus recomendaciones fallen menos, con lo cual la empresa se ve beneficiada en costos de operación y, además, las tareas de lubricación se han visto mejoradas sustancialmente en lo que toca a la seguridad del lubricador y, han logrado reducir de una manera importante el consumo de lubricantes, con lo cual el impacto al medio ambiente se reduce y la ecología se mejora...” Así, desde entonces, esas palabras, calaron profundo y se han constituido en nuestra directriz,

en nuestra misión y visión de hacer las cosas... Por ello, mientras más podamos -y Dios nos lo permita- llevar RCT® a las empresas de todos los lugares posibles del mundo, pues mejor... Eso nos mueve y eso nos motiva... Y, espero, que el Ing. Antonio Villarreal vuelva a decir: "y hacen una misión de bien..." ojalá que él lea esta publicación...

Con más de 20 países en tú área de operaciones, ¿cómo abor das las diferencias culturales y las variaciones en las necesidades de la industria en tus programas de entrenamiento y consultoría?

José Páramo - Déjame te comparto un secreto... No, no es un secreto: en todas las latitudes y en prácticamente todas las culturas -y hablamos desde Chile hasta China, donde tenemos proyectos-, el área de lubricación ha sido históricamente soslayada por la alta gerencia de las empresas (una digna excepción: Japón, con el enfoque de TPM): Se suelen confundir unos lubricantes con otros, el personal que físicamente aplica los aceites y las grasas a los equipos suele ser el de menor compensación económica en el área de mantenimiento, recuerdo a un gerente de una empresa presente en casi todos los países del mundo -del sector alimenticio- decir: "¡Ah, qué más da! ¡Grasa es grasa, es todo lo mismo!" En su planta se tenían fallas cada dos semanas en las chumaceras de las lavadoras de botellas... Y sí, la grasa utilizada estaba equivocada, cambiaron la grasa y ahora, les dura sin fallas casi 6 meses... ¿La diferencia? Pues ahora tenían información y antes "NPI" (**No Poseían Información...** No piensen mal, ¡je, je, je!); regresando con el lubricador: muchas veces no tiene las más básicas herramientas para el manejo, despacho y aplicación de los lubricantes, no tiene a veces ni recipientes donde tomar una muestra de aceite para análisis, tampoco tienen mucho entrenamiento y mucho menos certificaciones internacionales, etc., entonces, para regresar a tu pregunta original: a pesar de las diferencias culturales, necesidades diversas de las organizaciones, etc., **todas -o casi todas- tienen un denominador común:** la gran área de oportunidad de mejorar sus prácticas de lubricación, de control de la contaminación de los lubricantes, del monitoreo de condición (análisis de aceites y grasas), la seguridad y ergonomía en las tareas de lubricación y, muy importante: en el grado de formación y certificación de conocimientos de las personas a cargo de las tareas de lubricación. Así, no importa si hemos estado en plantas en China, en Europa, en Estados Unidos, en Puerto Rico, en Nicaragua, en El Salvador, en Colombia, en España, en República Dominicana, en Inglaterra, en Argentina, en Chile, en Perú, en México, en el País Vasco, etc., siempre (¿qué te gusta? ¡el 99 % de las veces!) este "denominador común" antes descrito, más allá de las diferencias culturales y de la industria con su circunstancia particular, **nos permite hablar el mismo idioma, en un lenguaje universalmente entendido por todos:**

¡Hace falta mejorar las prácticas de lubricación!

Lubrication practices need to be improved!

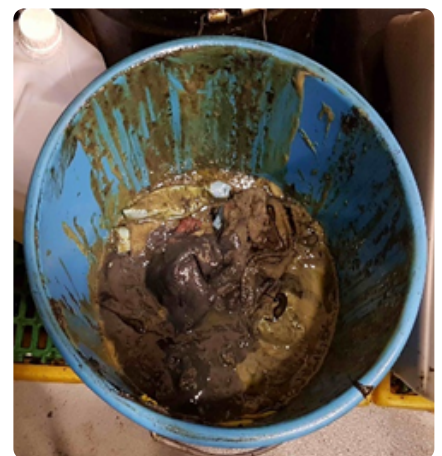
Die Schmierpraktiken müssen verbessert werden!

Cal millorar les pràctiques de lubricació!

Smørepraksis skal forbedres!

¡Les pratiques de lubrification doivent être améliorées !

y así...podemos seguir y seguir... no importan las latitudes o el idioma: la necesidad de mejorar la lubricación es un lenguaje universal... y ello nos permite comunicarnos: estemos en el país donde sea que estemos... de un lado o del otro lado del mundo...



¿Cuáles son los desafíos más comunes que observa en la implementación efectiva de programas de Mantenimiento Predictivo y Confiabilidad en diferentes regiones del mundo?

José Páramo - En muchas organizaciones, la Alta Gerencia “ve” al área de mantenimiento como “un gasto obligado” y no como un centro de generación de beneficios económicos, de aquí el preconceito a superar, el paradigma a romper, el desafío... Y, para lograr ello, indubitablemente, es necesario “monetizar” todos los beneficios obtenidos a través de la efectiva implementación de programas de predictivo y confiabilidad. Es menester, entonces, hablar el mismo idioma que la Alta Gerencia y del área de Finanzas de la organización. Si se le menciona al director de la planta que se tiene un nivel de vibraciones menor a 5 mm/seg o que el análisis del contenido de partículas en el aceite es cercano a 14/12/10... Se quedará viéndonos con una mirada de extrañeza... Muy probablemente sin entendernos... Pues ello, no le dirá nada, pero si se le dice que, a través del monitoreo de vibraciones, con una inversión de 45000 usd se han evitado fallas históricas cuyo impacto validado por los registros en el CMMS y por el área de Finanzas era de 1800000 usd /año y, si mejor aún le decimos que, considerando que la Tasa Mínima de Retorno de la empresa es del 25 %, el proyecto de predictivo, vibraciones en este caso dio los siguientes indicadores financieros: $VPN = -45000 + 1800000/(1 + 0.25) = 1395000$ usd en un año (claramente mayor a cero), que es la ganancia expresada en unidades monetarias, que la Tasa Interna de Retorno fue del: $((1800000/45000 - 1) * 100 = 3900 \%$ (mucho mayor que la tasa exigida del 25 %) y que el Periodo de pago simple fue del: $(45000/1800000) * 12 = 0.3$ meses, o sea: que el proyecto de pagó en 9 días), seguramente, la inversión en el área de predictivo y confiabilidad debería de dejar de ser un desafío... Y será apoyada por la Dirección, así que: ¡A prepararnos en saber “monetizar” todas las acciones de mejora de predictivo y confiabilidad! Recomiendo mucho a los ingenieros tener también un MBA especializado en Ingeniería Financiera o, al menos, un curso básico de “Finanzas para no financieros”, pues el lenguaje del dinero es fundamental manejarlo para cualquier iniciativa de mejora e inversión en tecnologías predictivas y en programas de confiabilidad en la empresa.



¿Cuál fue la inspiración detrás de la creación del Congreso Internacional de Mantenimiento Predictivo, Confiabilidad y Lubricación (PRECONLUB), y cómo ha evolucionado desde su inicio?

José Páramo - Ya te mencioné la inspiración de fondo de Techgnosis [del Griego Tékhne (Técnico) y Gnosis (Conocimiento)] en la respuesta a la Pregunta 4 y, justamente, pensar en la posibilidad de dirigir nuestro mensaje y reunir y hacer equipo con empresas de vibraciones, termografía, ultrasonido, lubricantes, softwares de mantenimiento, de digitalización para Planta 4.0, de RCM, de TPM, de tener aliados, etc., para potenciar nuestra voz junto con otros y ser escuchados por la comunidad industrial internacional buscando compartir conocimientos, presentar un foro de avances tecnológicos, etc., ha sido un factor clave para la concepción del mismo. También quiero mencionar que PRECONLUB nace de ver áreas de oportunidad en otros muy respetables congresos nacionales e internacionales de mantenimiento: estos típicamente, presentan “stands” compitiendo entre sí por la atención de los asistentes y, al mismo tiempo, cuando hay conferencias técnicas, estas las suelen dividir con sesiones paralelas, con lo cual, muchos de los asistentes, han de optar por una u otra... teniéndose que sacrificar su asistencia a una de ellas y también, en muchos eventos, la parte de los alimentos de medio día no están incluidos... Y la gente tiene que salir del lugar del evento y luego, regresar... Y luego, puede pasar que no regresen... de hecho: sucede. Pues bien: en PRECONLUB hemos cambiado todo ello: tenemos un mecanismo para garantizar que todos los asistentes es-

tén con los expositores “sí o sí” en el área de negocios de estos últimos, hay sólo sesiones macro donde todos los asistentes escuchan todas las ponencias, así nadie se pierde de nada y todos los conferencistas son escuchados por todos, y, muy importante: incluimos las sesiones de alimentos en el evento, de tal manera que se crea y se favorece un ambiente que permite la cercanía y camaradería entre los asistentes (jefes y gerentes de mantenimiento de las industrias) y los expositores y conferencistas... Además de un cocktail post-conferencias, para todos los participantes; todo ello, para facilitar la comunicación, integrar a las personas y hacer negocios. Los invito a navegar el sitio web: www.preconlub.com... ¡Verán fotos y videos hasta de los asistentes cantando juntos con los expositores y conferencistas, al unísono con el mariachi! En PRECONLUB no sólo aprendes y haces networking, haces algo más valioso: haces amigos. Ya hemos realizado PRECONLUB en México (próximo en junio 2024), España, Bolivia (siguiente edición octubre 2024), sigue Edición Centroamérica en julio 2024 y, posteriormente, Colombia (fecha: pendiente por definir). Así hemos evolucionado desde Guanajuato (en el centro de México, sede del Corporativo de Grupo Techgnosis) hasta América Latina y Europa, ya vamos por la 10ª Edición.



Has recibido el título honorífico de "Embajador Internacional de la Tribología". ¿Cómo percibes este reconocimiento y qué significa para ti en términos de tu contribución a la industria?

José Páramo - En primer lugar, agradezco mucho este inmerecido nombramiento por parte de IPEMAN, brillantemente dirigido por el Ing. Víctor Ortiz. Pero... ¿te digo la verdad? Me da mucho gusto y es un honor haberlo recibido de parte de nuestros colegas en el Perú. Significa mucho para mí, pues es un aliciente para seguir buscando mejorar cada día más y más, precisamente, para poder contribuir más a la industria... Justo acabo de terminar el Libro RCTV - Lubrication Master TTT/18 que tiene 30 capítulos (incluyendo los 24 capítulos del Cuerpo de Conocimientos del ICML para certificarse como MLE - Machinery Lubrication Engineer) y 6 capítulos adicionales con más de 300 cálculos con herramientas-programas de lubricación (viscosidades, cantidades, frecuencias, etc.), de control de la contaminación (tiempos de filtración, cálculo de eficiencia de filtros, etc.), de análisis de aceite (límites de precaución y críticos en base a ISO 14830, ASTM D 7720, etc.), determinación de frecuencias de toma de muestras con la distribución de Poisson y considerando el MTBF, # de modos de fallas que se pueden identificar y los costos involucrados -mano de obra, reposición de piezas dañadas e impacto en el área de producción-, los cálculos de ahorros por filtrar, por deshidratar, por consolidar lubricantes, ahorros de energía por uso de sintéticos, por rediseñar la maquinaria con accesorios, etc., etc., para con todo ello, poder implementar el Programa TTT/18® (Transformación Tribológica Techgnosis de Gestión de Activos, con base al estándar y guía: TICD-JPA-0809/30 alineado a ISO 55000, ISO 55001 e ISO 55002. Este programa considera 18 áreas de gestión (y considera, por supuesto, las 12 áreas de gestión de los estándares ICML55.0, 55.1

Y 55.2, que son una excelente referencia que debe de ser tomada en cuenta, pues buscamos que a través de nuestros cursos RCT® las personas puedan certificarse bajo el ICML, como MLT I, MLT II, MLA I, MLA II, MLA III y MLE, así como también, tenemos como objetivo el que al recibir nuestra consultoría TTT/18, puedan también las empresas alinearse a los estándares del ICML antes mencionados, de hecho somos partners del ICML), El libro RCTV...1080 páginas con conceptos y herramientas de aplicación práctica inmediata para implementar un programa de lubricación de clase mundial en la empresa. Por otro lado, considerando el sentido de la pregunta que me has hecho, quisiera aprovechar esta oportunidad para agradecer a personas e instituciones, sin las cuales hubiera sido imposible llegar hasta aquí. Para muchos de Uds., los nombres no les dirán nada, pero para mí significan mucho y tienen mi agradecimiento (perdón por los que omita por ser tantos a quienes hay que agradecer): Sara Barrón, Silvia Alvarez, Juan Antonio Olmos, Pedro Galván/Texaco, Paul Stone/Shell, Carlos Robles y Alfredo López/Esso, Miguel Laborde, Claudio Reboredo y Santiago Bancalari/Exxon, Tom Dietz y Donna Couch/Mobil, agradezco igual a mi competencia (pues su bien hacer nos obliga a hacerlo mejor y a superarnos día a día), a Juanito Criado, que me ha acompañado en esta aventura desde que fui a España hace más de 10 años a buscar un representante de Techgnosis para abrir el mercado Europeo y me regresé no sólo con un representante, si no con un hermano... Muchas gracias a todos ellos y a los que no menciono porque no acabaría... ¡Gracias!



¿Qué consejos daría a aquellos que están ingresando al campo de la tribología y la gestión de activos en la actualidad?

José Páramo - La gestión de activos estaría incompleta, estaría coja, sin considerar uno de los aspectos más básicos y determinantes en el ciclo de vida de un activo, así que a empezar con lo básico: con la lubricación. A entrenarse en lubricación, análisis de aceite, finanzas de la lubricación, en Lubrication Master TTT/18 y también, certificarse con el ICML, por ejemplo y después... ¡A poner en práctica, de manera inmediata todo lo aprendido!



Con diez libros publicados, ¿hay algún proyecto futuro o área específica en la que esté particularmente emocionado por trabajar o contribuir en los próximos años?

José Páramo - Déjame decirte que cada uno de los libros se acompaña de decenas de programas de cálculo en la nube para completar la experiencia del aprendizaje y, sobre todo, para aportar herramientas técnicas concretas para cuidar el estado de salud tribológica de la maquinaria y equipos en la industria. Respecto a qué nos causa emoción y en qué queremos contribuir, pues el objetivo es seguir implementando el Programa TTT/18® antes descrito, cuyo método de trabajo y acciones tácticas simples, concretas, prácticas e inmediatas se determinan con RCT® y cuya medición de avances es a través del ITG® (Índice Techgnosis, una herramienta digital que mide el status que se tiene en el programa de lubricación, define acciones a realizar, mide el avance de implementación de acciones en la maquinaria, cuarto de lubricación, programa de análisis de aceite, disposición ecológica de los lubricantes, entrenamiento y certificación del personal, avances en Lubricación 4.0, etc.; cuando se llega a superar más del 90 % del cumplimiento de las acciones RCT®, Techgnosis International Certification Division (www.ticd-certifications.com y www.ticd.eu) otorga la Certificación TTT/18® a la organización. Cabe mencionar que SOMOS LOS PIONEROS en la certificación de las mejores prácticas de lubricación teniendo plantas certificadas por nosotros desde hace más de 10 años en Asia,

Europa y América (ejemplos: CEPSA, Bahía Biskaia Gas, ver en Google: BBG RCT), Deacero, Arca Continental - Coca Cola, etc. También, a muchas de estas plantas/empresas les hemos otorgado el PREMIO TECHGNOSIS A LA EXCELENCIA EN LUBRICACION, por ejemplo, a Johnson Controls Planta Celaya (Baterías LTH), Arca Continental Coca Cola Planta San Luis Potosí, etc. Si seguimos certificando plantas en TTT/18® (y esa es la meta) y entregando PREMIOS TECHGNOSIS A LA EXCELENCIA EN LUBRICACION A LAS ORGANIZACIONES, entonces, "los sueños se habrán cristalizado, se habrán cumplido..."



Con tantos países visitados y experiencias únicas, ¿podrías compartir una anécdota graciosa o divertida que haya ocurrido durante uno de sus viajes de trabajo relacionados con la tribología o el mantenimiento predictivo?

José Páramo - No una... ¡Muchas! Y “de todos los colores...” Recuerdo en Argentina, me hicieron una comida en la casa de un Gerente de una empresa petrolera después de haber realizado el programa de trabajo, digamos que para celebrar ello... sirvieron ensalada, choripán, el asado y de postre (y aquí fue la anécdota): dulce de leche... y me preguntaron si me había gustado y dije ¡sí, me encantó la cajeta! En mi país, en México, ¡dulce de leche se dice “cajeta”!... Algunos entenderán...

En China, en un proyecto en la planta química de Cumeno en Shanghai, estábamos hospedados en un hotel gigante, habíamos de huéspedes sólo 4 personas... Nos sentíamos, así como en el hotel de la película “El Resplandor” de Stanley Kubrik con Jack Nicholson, para darles una idea del ambiente... y los platillos diariamente en el buffet eran aves como palomas ya cocinadas del cuerpo pero aún con la cabeza completa con plumas “casi que vivas” y huevos negros con el embrión del pollo en el medio... Un manjar para un huésped inglés... ¡Nunca quisimos dejarlo sin su comida favorita!

En Europa, una persona, un mecánico de la planta donde estuvimos trabajando un proyecto, llegó a presentar examen con una estampa en la frente, una estampa de Santa Catarina... Ahí aprendí por qué a los engranajes también les llaman “Catarinas” y que, en algunos lugares de aquel continente, en Italia, Santa Catarina es la patrona de los mecánicos... Esta Santa fue torturada con una rueda dentada... y de ahí, en su honor a las ruedas dentadas se les llamó coloquialmente catarinas y entonces a los engranajes... Cultura de la Lubricación...

Y tengo muchas anécdotas mejores: en Chile de “cuando terminé” un proyecto... ¡Ah y en Río de Janeiro!... Pero esas mejor las dejamos para platicarlas en persona... Los invito a que coincidamos en algún lugar en algún país, en algún momento... En nuestros cursos RCT®, en nuestros servicios de consultoría TTT/18®, a través de mis libros... Igualmente, les agradeceré si me siguen en LinkedIn o con el Whatsapp (abajo está el código QR del mismo), o en el grupo de Predictiva 21 y platiquemos entre otras cosas de mi pasión y tema favorito: La excelencia en lubricación, la cual es, sin duda, una de las decisiones más inteligentes que puede o debería de tomar una organización: pues representa una muy baja inversión con una muuuuuy alta tasa de retorno y con múltiples beneficios en confiabilidad, seguridad, salud ocupacional, ahorro de energía, economía circular, etc.

Queremos conocerte un poco más personalmente. ¿Tiene alguna afición o pasatiempo favorito que disfrute cuando no está inmerso en el fascinante mundo de la tribología y el mantenimiento predictivo?

José Páramo - Pues sí, mi afición son los relojes... Una marca en particular y de esa marca, un modelo muy específico (claro, hay ese modelo en diferentes versiones), también casi siempre que voy a un país, me gusta buscar todos los libros que encuentre de tribología... No son fáciles de encontrar... Pero así he integrado una colección que ocupa 2 cuartos llenos de estos libros... También me gusta mucho la Arqueología: Egipto, Sumeria, México, Perú, por ejemplo. Disfruto leer a Jorge Luis Borges y a Sor Juana Inés de la Cruz y viajar mucho y hacer estos viajes, como más me gusta: acompañado de mi familia. Aquí en la foto con mi linda esposa Teresa de azul en la fotografía con mi hija Fernanda en el medio y yo casi que sintiéndome Indiana Jones... ¡Ja, ja, ja! Ojalá hayan llegado a leer hasta este punto, si así es, pues qué les digo...

¡Muchas gracias y saludos a todos!





* joseparamo@grupo-techgnosis.com | joseparamo@techgnosis5.com | jose_paramo@hotmail.com

José Páramo es **CEO y Presidente de Grupo Techgnosis**. Director General de Techgnosis International, S.A. de C.V. (www.grupo-techgnosis.com) y de Asset Tribological Management, S.A. de C.V. Fundador de TICD (Techgnosis International Certification Division) (www.ticd-certifications.com/index.php) y del Congreso Internacional PRECONLUB (www.preconlub.com). Creador de la Metodología RCT® - Reliability Centered Tribology con registro y Patente en 28 países y de la Metodología Experta de Interpretación de Análisis de Aceite Λ -ABCDE- Ω ®, así como de la herramienta de cambio cultural en las tareas de lubricación CIT® (Casi Incidente Tribológico).

Cuenta con más de 30 años de experiencia en el ramo de lubricación, habiendo trabajado en Texaco como Gerente de Control de Calidad y Gerente de Proceso, en Shell como Director Técnico, Director de Ventas Industriales, Director de Distribuidores, Director Nacional de Ventas y Director de Estrategia y Planeación, en Esso México como Director de Ventas Industriales y Director de Operaciones y Coordinador del Marketing de Lubricantes Industriales para América Latina y en ExxonMobil como Director de Ventas Industriales, Asesor de Productos Industriales en Corporativo Mundial (Headquarters) en Washington, D.C. y Director General (interino) a nivel México y Director de Operaciones de México, Caribe y Centroamérica.

Ha publicado 10 libros: Lubrificación (Publicado por Esso México), Lubricación (Publicado por Shell), Re-refinación de Lubricantes y Físicoquímica I - un enfoque Termodinámico para Ingenieros (Publicados por la Universidad de Guanajuato, México), Tribología Centrada en Confiabilidad Nivel I - Lubricación y Control de La Contaminación de Clase Mundial, Tribología Centrada en Confiabilidad Nivel II - Análisis de Aceite de Clase Mundial (Metodología ABCDE), Tribología Centrada en Confiabilidad Nivel III - Cálculos Económicos Y Financieros de los Beneficios de un Programa de Lubricación de Clase Mundial, Tribología Centrada en Confiabilidad Nivel IV - Gestión Tribológica de Activos y Rediseño de La Maquinaria y Tribología Centrada en Confiabilidad Nivel V - Lubrication Master/55 publicados por Asset Tribological Management, S.A. de C.V. y la Guía de Modos de Falla Tribológicos de los Activos y su Solución

De igual forma ha publicado artículos en revistas de México, Perú, Colombia, Chile, Argentina, Estados Unidos, España, etc., etc., como Contacto, Revista del Grupo Hulero, Practicing Oil Analysis y Machinery Lubrication, y ha sido entrevistado en televisión nacional sobre el tema de lubricantes en 2 ocasiones y en España en redes sociales por la empresa Preditec. El Ing. Páramo tiene el Premio Nacional de Ingeniería Química por el trabajo sobre la optimización de la vida útil de los lubricantes y su re-refinación, así como el Premio Lince de Oro (Universidad del Valle de México) en la Maestría de Administración de Negocios en la especialidad de Ingeniería Financiera. Está certificado por el ICML como MLI T I, MLA II, MLA III y MLE. Ha sido consultor industrial y ha dictado seminarios públicos y privados para empresas de México, Estados Unidos, Argentina, Chile, Colombia, Brasil, República Dominicana, Puerto Rico, Costa Rica, Bolivia, Nicaragua, Panamá, Venezuela, España y China, dentro de las compañías que han asistido a los seminarios o conferencias impartidas por José Páramo o que han tenido consultoría RCT®, se encuentran entre otras: British Petroleum, Pemex, Cemex, Apasco-Holcim, Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma, Grupo Modelo, Grupo de Ingenios Beta San Miguel, Peñoles, Grupo Industrial Minera Mexico, Compañía Vale Do Río Doce, Falconbridge, Repsol, CEPESA, Cargill, Coca Cola, Pepsi Cola, Autoridad del Canal de Panamá, Bunge, Kellogg's, Unilever, Nestlé, Bimbo, Dynasol, CEPESA-Shanghai, etc., etc.



Indicadores BS-EN 15341

in Autor: Andres González
Editor y CEO de Predictiva21

La Federación Europea de Sociedades de Mantenimiento (EFNMS) emitió en el año 2019 una actualización a la edición previa del 2007, denominada norma BS-EN-15341 Maintenance Key Performance Indicators, de carácter internacional, que define, de manera específica, un conjunto de indicadores claves (KPIs) asociadas a la gestión del mantenimiento.

Existen versiones traducidas al español de la edición del 2007 que han sido adoptadas como norma nacional en varios países de América Latina (LATAM).

Resalta el hecho, que la edición del año 2019 modifica sustancialmente la edición del 2007, pasando de 3 a 8 agrupaciones o categorías de indicadores, y de 71 a 183 la cantidad de indicadores claves. La Figura 1 muestra las diferencias principales entre ambas ediciones de esta norma.

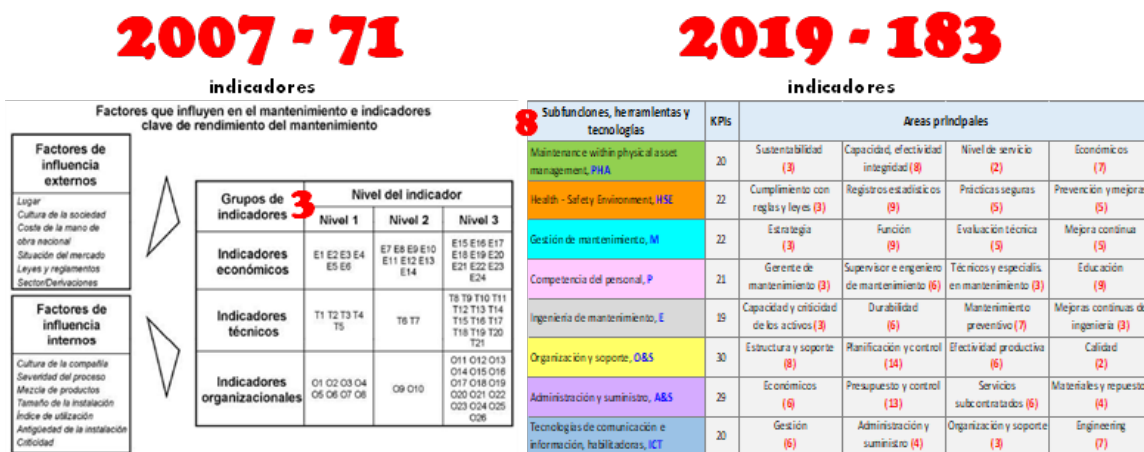


Figura 1 - Diferencias principales ediciones 2007 y 2019 de la BS-EN-15341.

Vale indicar que 29 de los 183 KPIs son de naturaleza cualitativa (“alto”, “medio”, “suficiente”, “insuficiente” y “pobre”, por ejemplo) y el cálculo de estos debe ser asistido por algún tipo de evaluación, revisión o inspección especializada puntual o periódica. De estos 29 indicadores, 19 están relacionados con el grado de implantación, integración y utilización de las herramientas tecnológicas asociadas a la función “Tecnología de Información y Comunicación (ICT)”. Estas tecnologías “habilitadoras”, como también se les conoce, son herramientas que permiten desarrollar el proceso de transformación digital para que las empresas, conjuntamente con su capital humano, se adapten a la industria 4.0 y al modelo de la industria inteligente. El Sistema Computarizado de



Figura 2 - Ejemplos de tecnologías “habilitadoras” pertenecientes a la función ICT.

Gestión del Mantenimiento (CMMS, por sus siglas en inglés) SAP, el cual está en un reciente proceso de implantación y masificación, es parte fundamental de estas tecnologías “habilitadoras”. La Figura 2 muestra algunos ejemplos de tecnologías “habilitadoras” de uso común.

Del mismo modo, 12 de los 21 KPIs relacionados con la función “Competencia del Personal”, Tabla 1, aun cuando son evaluados en base a un porcentaje (%), requieren necesariamente de la aplicación de algún mecanismo de evaluación (entrevistas, pruebas, colección de credenciales, etc.) que permita cuantificar el nivel de madurez de las competencias (experiencias + conocimientos) del personal, que aplican para ejercer las funciones y responsabilidades particulares de los cargos en los cuales se desempeñan. Al respecto, la norma EN 15628:2014 “Qualification of maintenance personnel” sirve de soporte para tal evaluación.

KPIs	Description	Units	Formula
P1	Competence of maintenance managers	%	"Achieved" / "Required"
P2	Knowledge of maintenance managers	%	"Achieved" / "Required"
P3	Skills of maintenance managers	%	"Achieved" / "Required"
P4	Competence of maintenance engineers	%	"Achieved" / "Required"
P5	Knowledge of maintenance engineers	%	"Achieved" / "Required"
P6	Skills of maintenance engineers	%	"Achieved" / "Required"
P7	Competence of works supervisors	%	"Achieved" / "Required"
P8	Knowledge of works supervisors	%	"Achieved" / "Required"
P9	Skills of works supervisors	%	"Achieved" / "Required"
P10	Competence of technical specialists	%	"Achieved" / "Required"
P11	Knowledge of technical specialists	%	"Achieved" / "Required"
P12	Skills of technical specialists	%	"Achieved" / "Required"

Tabla 1 - KPIs relacionados con la medición de competencia del personal de mantenimiento

De particular interés resultan los tres (03) KPIs asociados a la función “Gestión del Mantenimiento”, como parte integral de la Gestión de Activos Tabla 2. El KPI MO1 “Madurez de la función de mantenimiento” se obtiene a través de una evaluación integral de todos los elementos claves asociados a los macroprocesos y procesos principales de la Gestión del Mantenimiento, incluyendo aquellos procesos dependientes de otras organizaciones de apoyo (Talento humano, Procura/Inventario, etc.) que son necesarios para la adecuada gestión del mantenimiento. Como resultado de la evaluación, se detectan las brechas y se establece un plan de acción (anual, por lo general), reflejado en el KPI MO3, orientado al cierre de brecha para alcanzar el siguiente nivel de madurez, alineado a los objetivos estratégicos de la empresa (indicador MO2). Por los primeros años, se recomienda que esta evaluación sea de frecuencia anual, hasta que la organización alcance el grado de madurez costo-efectivo deseado. Luego de ello, se considera que evaluaciones con frecuencia trienal serían suficientes.

KPIs	Description	Units	Formula
M1	Maturity of maintenance function	Lista	ICT Integrated
M2	Integration of maintenance strategy in strategic industrial plan	Lista	High
M3	Maintenance strategy implementation	%	Quantitative accomplishment

Tabla 2 - KPIs relacionados con el grado de madurez y el plan estratégico de la organización

Un punto de atención final, relacionado con la edición del 2019 de la norma, es la advertencia que se hace en el prólogo de esta figura 3. En ella se invita a que su adopción se haga con cautela y criterio técnico, dado los múltiples errores identificados que no fueron corregidos de manera oportuna antes de su publicación. De igual manera se advierte sobre algunas imprecisiones en el significado de algunos factores (variables de entrada) que integran la formulación de algunos indicadores, que no permiten o dificultan el cálculo explícito del indicador.

BS EN 15341:2019

BRITISH STANDARD

National foreword

This British Standard is the UK implementation of EN 15341:2019. It supersedes BS EN 15341:2007, which is withdrawn.

The UK participation in its preparation was entrusted to Technical Committee DS/1, Dependability.

A list of organizations represented on this committee can be obtained on request to its secretary.

BSI, as a member of CEN, is obliged to publish EN 15341:2019 as a British Standard. However, attention is drawn to the fact that during the development of this European Standard, the UK committee voted against its approval.

The committee voted against the standard at the final stage. It draws users' attention to the following.

A significant number of technical errors in the standard were identified by the international community that could not be corrected before publication.

The introductory clauses of the standard provide only a very generalized presentation of issues surrounding the definition and delivery of maintenance requirements within the structure of a maintenance function. Many factors are listed as requiring 'consideration', but no guidance is given concerning of what such considerations should consist and how this may affect the application or derivation of performance indicators. The number of indicators presented is so large that they cannot be considered as truly 'key' in the organizational management sense. The exact meaning of many of the factors used to derive the indicators is often vague and open to misunderstanding or cannot be explicitly calculated, making them of little or no value.

The major failure of the standard is that it gives no indication of what should be done with any of the indicators listed or what may be expected of them. For example, having derived an indicator, it is not clear whether an organization should strive to make it larger or smaller. Some values are a simple statement of fact and will not normally change (e.g. redundancy). The lack of guidance concerning application of indicators and the potential for misunderstanding the indicators themselves result in this standard being considered by the committee to be of little practical value.

This publication does not purport to include all the necessary provisions of a contract. Users are responsible for its correct application.

© The British Standards Institution 2019
Published by BSI Standards Limited 2019

ISBN 978 0 580 97964 4

ICS 03.100.99

Compliance with a British Standard cannot confer immunity from legal obligations.

This British Standard was published under the authority of the Standards Policy and Strategy Committee on 30 September 2019.

Prólogo de edición 2019 [BS-EN-15341].



PRECONLUB

Congreso Internacional de Mantenimiento
Predictivo, Confiabilidad y Lubricación
de Clase Mundial

León, Gto. 20 y 21 de junio

HOTEL HOTSSON



2024



www.preconlub.com

OBJETIVO

Tiene como objetivo el aportar a la comunidad industrial mexicana donde puedan obtenerse los últimos avances, nuevas metodologías y tecnologías en las áreas de Confiabilidad (RCM-2), ISO 55001, Gestión de Activos, Mantenimiento Predictivo y el monitoreo de condición en tiempo real utilizando la tecnología más avanzada, así como mostrar casos y experiencias prácticas, de cómo, al implementar acciones sencillas, económicas y directas en las tareas de lubricación y, sobretodo, en el control de la contaminación de los fluidos lubricantes, es posible de manera inmediata incrementar la Confiabilidad de maquinaria, reducir la tasa de fallas e incrementar la productividad de la planta productiva.

En este Congreso se busca tener una visión más fresca que lo que otros eventos/ congresos organizados por otras empresas tradicionalmente han venido realizando, para ello, se tendrá la presentación de casos de éxito pero no solamente presentados por los proveedores, sino por usuarios mismos de empresas líderes de sus segmentos ampliamente reconocidas, se tendrán mesas de negocio a fin de que conozca más de cerca a cada una de las empresas organizadoras y así, puede determinar áreas de oportunidad de negocio de una manera más directa.

Mesas de Negocio



Se tendrán Conferencias dadas por especialistas de Europa, USA y América Latina sobre las...

ÁREAS BÁSICAS DEL EVENTO

01

Planta 4.0

03

Mantenimiento Productivo Total

02

ISO 55001

04

Mantenimiento Predictivo

05

Tribología Centrada en Confiabilidad

El evento está dirigido a profesionales de la Confiabilidad, Gerentes y Jefes de Mantenimiento, Coordinadores de TPM, Profesionales del medio de lubricantes, Gerentes de Operaciones, Gerentes de Producción, Directores de Planta, especialistas del Mantenimiento Predictivo, etc., de todos los segmentos industriales, tales como: Acero, Aluminio, Embotelladoras, Fábricas de Cerveza, Inyección de plástico, industria alimentaria, refinación de crudo, generación de energía, fabricación de cemento, plantas químicas, industria textil, autopartes, armadoras, minería, ingenios azucareros, industria de cartón y papel, fabricación de vidrio, transporte marino, ferrocarril, industria petroquímica, fabricantes de equipo original (bombas, reductores, etc.), productos de cobre, industria cosmética, etc., etc.

Esperamos contar con tu valiosa participación

CONTACTOS

Corporativo en México:

comercial1@grupo-techgnosis.com

comercial2@grupo-techgnosis.com

joseparamo@grupo-techgnosis.com

joseparamo@techgnosis5.com

manuel Sanchez@grupo-techgnosis.com

joseluisperez@grupo-techgnosis.com

WhatsApp: +52 462 139 8684 | +52 477 230 6910

Oficinas Europa:

jacriado@applitechgnosis.com WhatsApp: +52 462 217 1661 +34 605 090 019

Sitios Web:

www.grupo-techgnosis.com

www.ticd.eu

www.preconlub.com

www.applitechgnosis.com

www.ticd-certifications.com





Se acerca

PRECONLUB 2024

y Predictiva21 y Predyc estamos presentes como co-organizadores

PRÓXIMO

20 Y 21 DE JUNIO

PREDICTIVA21

Predyc

Estuvimos en

TRACTIAN

MAINTENANCE DAY



 Autor: Lisset Chávez González
Directora Editorial Predictiva21

Y aquí les cuento un poco de lo que se vivió,

El pasado 12 de abril, el Espacio R en la Ciudad de México se convirtió en el punto de encuentro para más de 200 profesionales y 65 empresas líderes del sector industrial, quienes participaron en el aclamado Tractian Maintenance Day. Este evento, promete consolidarse como un referente en la industria del mantenimiento, fue una celebración de conocimiento, innovación y excelencia.

Desde muy temprano, el ambiente en Espacio R estaba cargado de expectativa y entusiasmo. Los participantes, líderes y especialistas de las industrias más grandes del país, tuvimos la oportunidad de conectar y trazar la hoja de ruta hacia el futuro del mantenimiento en México. El evento no solo sirvió como una plataforma para el intercambio de ideas y experiencias, sino también como un espacio para forjar alianzas estratégicas que promuevan el avance tecnológico y la eficiencia operativa.



El programa del Tractian Maintenance Day estuvo repleto de charlas y paneles, dirigidos por expertos que abordaron temáticas cruciales para el sector. Entre los temas destacados estuvieron:

"Mejorando la confiabilidad de los activos a través de la Industria 4.0": Un enfoque en cómo las tecnologías emergentes están redefiniendo la gestión de mantenimiento.

"Monitoreo Online: El camino para la implementación": Discusión sobre las estrategias para integrar sistemas de monitoreo en tiempo real en las operaciones diarias.

"Implementación de un software CMMS: Gestión de Rutina y Visibilidad": Exploración de las ventajas de los sistemas CMMS en la optimización de la gestión de mantenimiento.

"Cómo garantizar una alta disponibilidad en Manufactura Continua": Tácticas para mantener la producción sin interrupciones en ambientes de manufactura continua.

"Optimizando operaciones: Estrategias para un mantenimiento eficiente": Consejos prácticos para mejorar la eficiencia operacional a través de un mantenimiento planificado y preventivo.

"La evolución del Monitoreo de Vibración y el Área de Confiabilidad": Un análisis sobre la importancia del monitoreo de vibración para la predicción y prevención de fallos.





El cierre del evento fue un momento especial con la ceremonia de premiación, donde se reconoció a empresas que han destacado en diversas categorías:

- **Excelencia en Autodiagnóstico:** Kimberly Clark
- **Mejor Índice de Estandarización Global:** Bimbo
- **Grupo Azucarero México:** GAM
- **Mejor Índice de Cumplimiento de OT:** Rassini
- **Mejor Gestión Energética ESG:** IVC
- **Mejor Innovación y Capacitación:** DHL
- **Excelencia en Manufactura Discreta:** Hope Global



Estos reconocimientos no solo celebraron los logros individuales, sino que también resaltaron el compromiso de la industria con la mejora continua y la innovación.

Tractian Maintenance Day nos dejó claro que el futuro del mantenimiento en México es prometedor y está en manos de profesionales y empresas que no solo buscan adaptarse a los cambios, sino liderarlos. Con eventos como este, la industria del mantenimiento no solo se prepara para enfrentar los desafíos del mañana, sino que también se posiciona a la vanguardia de la innovación global.



Mejores momento del Tractian Maintenance Day
Ver video:





La otra visión de la Confiabilidad Operacional

Autor: Jean M. Farfán Cova

Ingeniero en Mantenimiento Mecánico con 18 años de experiencia

¡Desafía los defectos y optimiza tus activos! Estrategias innovadoras para la eliminación de defectos en programas de mantenimiento

“1 era Parte Visión General Alineada Al Ciclo PHVA”

En virtud de hacer extensiva La Otra Visión de la Confiabilidad Operacional, desde una perspectiva simplista y de fácil comprensión al lector, les presento una manera práctica y sencilla de abordar un Proceso de Eliminación de Defectos en Activos de Producción y Vincularlos a la Confiabilidad Operacional.

¿Te enfrentas a desafíos constantes debido a defectos en tus activos? ¡No estás solo! En este artículo, te mostraremos cómo superar estos obstáculos y llevar tu operación al siguiente nivel. Con ejemplos inspiradores y consejos prácticos, te invitamos a embarcarte en un viaje hacia la eliminación de defectos y la optimización de tus activos.

La eliminación de defectos en activos dentro de un programa de mantenimiento es fundamental para garantizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad empresarial. Sin embargo, este proceso no está exento de desafíos, especialmente cuando se considera la complejidad de las operaciones y la



participación de personas en todos los niveles de la organización. En este artículo, se examinará la naturaleza de los defectos, sus consecuencias y las estrategias necesarias para abordarlos de manera efectiva, cuya finalidad radica en mejorar la rentabilidad de los procesos productivos y entendiendo que cada día, se dedican enormes esfuerzos destinados a visualizar, identificar, analizar e implantar mejores prácticas operacionales para la solución de problemas y toma de decisiones efectivas y acertadas, que involucren un alto impacto en las áreas operativas de una empresa.

De este modo la actividad empresarial, se acompaña esencialmente de la incertidumbre que predetermina la necesidad de elegir una de las diferentes alternativas para la Eliminación de Defectos teniendo en cuenta las metodologías de confiabilidad operacional.

Palabras Claves: Eliminación de Defectos, Confiabilidad operacional, criticidad, frecuencia de falla, taxonomía, contexto operacional.

Un Proceso de Eliminación de Defectos desde la Perspectiva de ISO 55000, integra en un enfoque sistemático basado en riesgos para la gestión de activos, con el objetivo de optimizar el desempeño y el valor de estos a lo largo de su ciclo de vida y así garantizar la sostenibilidad, considerando como mínimo lo siguiente:

- Gestión Integral de Activos
- Mejora continua
- Enfoque basado en riesgo
- Énfasis en la Sostenibilidad
- Y la Participación de las Partes Interesadas

(Jean Farfán)

Un Proceso de Eliminación de Defectos Orientado a la óptica de Confiabilidad Operacional y la IA, podemos resumirla en los siguiente: Prevención proactiva, análisis de causas raíz, mejora continua, uso de datos, participación del personal, big data y el internet de las cosas como herramientas integradas en la identificación de problemas y planteamiento de soluciones basada en datos.

En resumen, la IA no solo ayuda a eliminar defectos, sino que también contribuye a la confiabilidad operacional a prevenir problemas y optimizar procesos. Integrarla a la estrategia de mantenimiento es esencial para garantizar la confiabilidad de los activos en su ciclo de vida.

(Jean Farfán)

- **Activo:** Es un artículo, cosa o entidad que tiene un valor potencial o real para una organización. El valor puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero. Fuente: ISO55000 3.2.1
- **Instalación:** Conjunto de activos destinados a manejar un proceso de acuerdo con la unidad de negocio.
- **Ciclo de vida del activo:** Son todas las etapas definidas por la organización, que enmarcan la gestión de los activos físicos de la compañía desde su diseño conceptual hasta su disposición final.

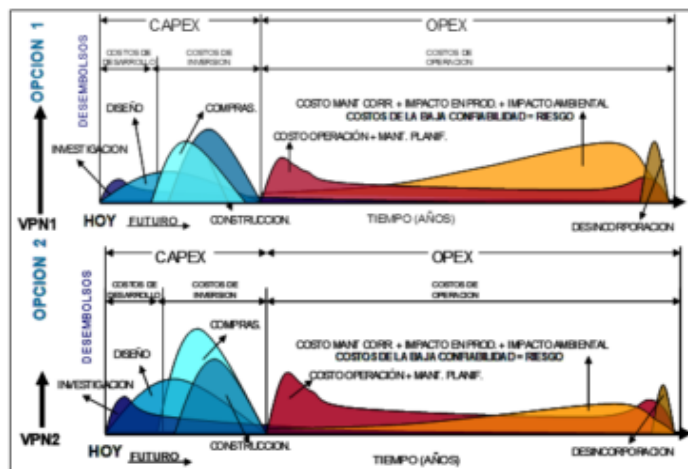


Figura N°1. Etapas del Ciclo de Vida de un Activo Fuente: Internet Reliability Connect

Calidad de los Datos: La confianza en la confiabilidad y mantenimiento de los datos, así como un análisis, tiene una muy estrecha dependencia en la calidad de los datos recolectados. Una Información de alta calidad se caracteriza por:

- Tener informes completos de los datos en relación con sus especificaciones.
- Acatar las definiciones de confiabilidad en los parámetros, tipos de datos y formatos.
- Precisión en la introducción, transferencia, manejo y almacenamiento de los datos (Ya sea en forma manual o en mecanismos electrónicos).

Confiabilidad Operacional: Es la filosofía de trabajo orientada en una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la productividad; además lleva implícita la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional.

Contexto Operacional: Es el conjunto de circunstancias que condicionan la operación de un equipo o sistema, están definidas como: localidad, ambiente, fluido de servicio, parámetros de operación, lineamientos ambientales, de seguridad y producción, calidad y disponibilidad de los insumos requeridos, configuración de trabajo, flexibilidad operacional, redundancia, alarmas, monitoreo de primera línea y otros.

Falla: Es la pérdida de capacidad para realizar su función según se requiera.

Falla por Degradación: Falla que no cesa la función (es) fundamental, pero abarca una o varias funciones. Fuente: ISO 14224 3.11

Falla incipiente: Imperfección en el estado o condición de un ítem que hace que una falla degradada o crítica pueda (o no) eventualmente ocurrir como resultado esperado si las acciones correctivas no se llevan a cabo. Fuente: ISO 14224 3.40

Falla latente o Falla no detectada: Es una falla que no se ha hecho evidente aún: Una falla latente puede eventualmente ser revelada mediante el mantenimiento preventivo o mediante la falla del sistema. Fuente: ISO 14224 3.44

Falla Oculta: Falla que no es inmediatamente evidente para el personal de operaciones y/o Mantenimiento. Fuente: ISO 14224 3.35

Mecanismo de Falla: Proceso físico, químico u otro que conduce a una falla. Fuente: ISO 14224 3.29

Modo de Falla: Forma por la cual una falla es observada en el elemento en falla. Fuente: ISO 14224 3.30

Taxonomía: Es una clasificación sistemática de los Activos en grupos genéricos, sobre la base de factores comunes a varios de los ítems dentro de un Activo, tales como: ubicación, uso, equipos y la subdivisión de este, componentes y listas de materiales.

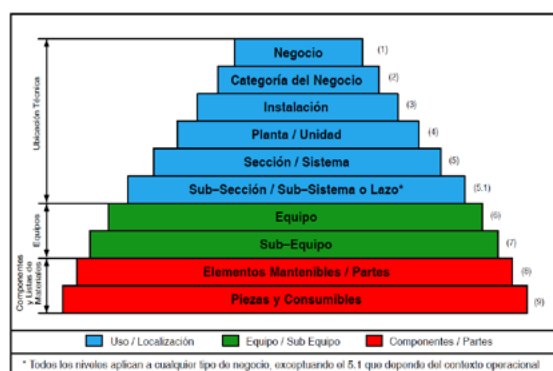


Figura N°2. Pirámide de Niveles Taxonómicos (Fuente: Petróleos de Venezuela (2012) Norma MM-01-01-07)

Pasos Básicos Por Considerar Durante el Levantamiento de Proceso de Eliminación de Defectos

- Utilizar el Contexto Operacional para identificar el proceso y su funcionamiento.
- Evaluar el entorno en donde se encuentra el activo.
- Definir los límites, términos y requerimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de eliminación de Defectos y fallas en activos, monitorear la corrección de modos de falla y anomalías, con el fin de preservar su continuidad operativa, aumentar la confiabilidad.
- Identificación, valorización, definición, investigación, seguimiento y control para la eliminación de defectos y causas de falla en:
 - a. Incidentes en seguridad de proceso
 - b. Incidentes en personas, ambientales o en propiedad
 - c. Fallas o averías esporádicas sobre activos productivos
 - d. Fallas o averías recurrentes sobre activos productivos.

¿Como se Integra la Gestión del Mantenimiento en la Industria Alineada al Proceso de Eliminación de Defectos?

La gestión del mantenimiento en la industria es una tarea crítica para asegurar el éxito de la producción, la calidad y la mejora continua de los procesos, ha identificado en los activos los elementos esenciales para mantener una operación eficiente y eficaz sus operaciones.

En este sentido, el proceso de eliminación de defectos forma parte de las herramientas estratégicas utilizadas en las industrias para reducir costos en los activos e incrementar sus niveles de confiabilidad y rentabilidad del negocio. Este proceso implica una revisión sistemática y continua de los eventos de falla que puedan llegar a materializarse u ocurran durante cada etapa del ciclo de vida de los activos.

La aplicación de técnicas proactivas de confiabilidad desde la fase de diseño busca garantizar que el activo en toda su vida útil hasta su desincorporación tenga herramientas que permitan gestionar de manera eficiente el activo. Dentro de estas metodologías podemos mencionar: PMO, MCC, RCM, FMEA, RAM, Criticidad y su vinculación con técnicas de investigación de fallas e incidentes, tales como: RCA, Tap Root, entre otras, las cuales buscan identificar, caracterizar, analizar y mitigar a su mínima expresión las causas fundamentales de las fallas o defectos.

El proceso de eliminación de defectos se enfoca en mejorar la confiabilidad y continuidad operativa de los activos, lo que garantiza una mayor disponibilidad y rendimiento, reduciendo así los costos de operación, mantenimiento y reemplazo de activos.

En esta tarea involucra a múltiples departamentos y áreas de una empresa, como ingeniería, mantenimiento, producción y seguridad, entre otros, para asegurar una visión integral del proceso. La implementación de medidas preventivas, como inspecciones y mantenimiento programado, son una parte fundamental del proceso de eliminación de defectos, ya que permiten anticipar posibles fallas y evitar interrupciones en la producción.

Pasos Sugeridos en un Proceso de Eliminación de Defectos

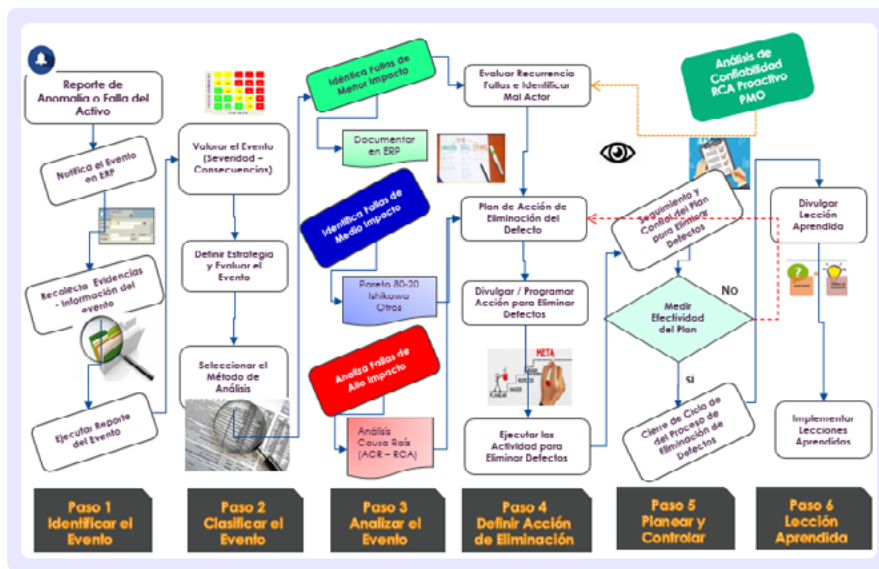


Figura N°3. Flujograma de Proceso de Eliminación de Defectos (Autor: Jean Farfán) (Autor: Jean Farfán)

¿Cómo Alinear el Proceso de Eliminación de Defectos al Ciclo PHVA?

El fundamento principal de un adecuado proceso de eliminación de defectos debe estar soportado bajo un esquema de integrado del sistema de calidad de la empresa, detallando documentos principales, así como la descripción de las diferentes técnicas a utilizar. A continuación, se plantea un modelo básico del esquema documental.

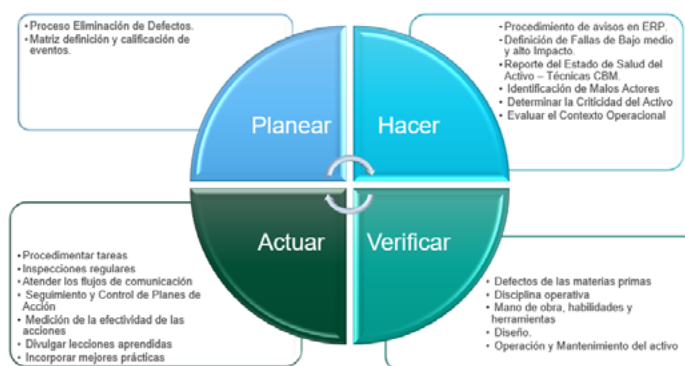


Figura N°4. Ciclo PHVA Proceso de Eliminación de Defectos y Fallas en Activos (Autor: Jean Farfán)

En este sentido las empresas asumen un compromiso inmenso con la mejora continua en la gestión del activo desde su fase de visualización hasta su desincorporación, lo que se traducirá en una operación más rentable y exitosa. Al asegurar la confiabilidad y disponibilidad de estos.

Como Jerarquizar las Acciones de Eliminación de Defectos

Con el fin de determinar la categoría a la que pertenece la tarea (acción o recomendación) se debe generar una matriz de selección y clasificación de acciones. Por ejemplo:



Figura 5. Priorización de Acciones y Recomendaciones

En el recuadro I corresponden a las tareas que al implementarlas eliminarían el defecto y el costo o tiempo de implementación es bajo. Las actividades que queden enmarcadas en esta posición se deben categorizar como acciones.

El recuadro II corresponde a las tareas que al implementarlas eliminarían el defecto, pero el costo o tiempo de implementación es elevado. Estas tareas solo se categorizarán como recomendación.

El recuadro III corresponde a las tareas que al implementarlas no eliminan el defecto y tiene un costo bajo de implementación. El activo de investigación debe determinar si se categorizan como recomendaciones.

El recuadro IV corresponde a tareas que al implementarlas no elimina el defecto y tiene un costo alto de implementación, se categorizan como recomendaciones.

Esta clasificación se debe de definir en los documentos del proceso de eliminación de defectos.

Como Verifico La Efectividad De las Acciones – Recomendaciones de la Eliminación de Defectos

La verificación de la efectividad de las acciones puede ser reportada trimestralmente por el ente ejecutor a la gerencia de Mantenimiento o encargado del proceso, los cuales recomiendan los siguientes pasos:

- Identificar paquetes de solución finalizados**, se revisan los paquetes ejecutados y que hayan eliminado el defecto. En caso de desviaciones, se deben solicitar los ajustes al responsable de la acción.
- Definir periodo de evaluación** - De manera conjunta se define el periodo de evaluación de la efectividad tomando como referencia el objetivo del tiempo medio entre fallas del modo de falla a eliminar.

¿Es Posible Implementar un Proceso de Eliminación de Defectos?

La eliminación de defectos en activos no solo es posible, ¡sino también emocionante! Con la combinación adecuada de estrategias y herramientas, puedes transformar tu operación y alcanzar nuevos niveles de éxito. ¡Así que adelante, desafía los defectos y optimiza tus activos hoy mismo!

En resumen, el concepto universal de eliminación de defectos desde la óptica de la confiabilidad se basa en la prevención proactiva, el análisis de causas raíz, la mejora continua, el uso de datos y la participación del personal para garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los activos y procesos en toda la organización.

Bibliografía

- Petróleos de Venezuela Norma MM-01-01-01 Definiciones de Mantenimiento y Confiabilidad).
- ISO 14224:2016.
- Petróleos de Venezuela Norma PDVSA MM-02-01-01 Jerarquización de Activos por Análisis de Criticidad).
- La Serie de Normas ISO 55000, Herramienta para la Gestión de Activos Víctor D. Manríquez Ingeniero Mecánico, CMRPMSc Energías Renovables Ingeniero de Confiabilidad – Stork Perú SAC
- Fundamentos de la gestión de Activos ISO 55001:2014 (Parte 1).
- Maintenance and Reliability Best Practices" de Ramesh Gulati.
- Reliability-Centered Maintenance de John Moubray.
- "Asset Management: A Systematic Approach to Factorial Improvement" de David Greenwood.
- Comité Técnico ISO/TC 251 sobre Gestión de Activos.

Resumen Laboral del Autor

Ingeniero en Mantenimiento Mecánico con 18 años de experiencia. Área Profesional: Confiabilidad Operacional, Mantenimiento, Sistema Integrado de Gestión y Transporte Terrestre, en la Industria Petrolera PDVSA y Experiencia con PDVSA INTEVEP para la elaboración, revisión y actualización de normas PDVSA tales como: Modelo de gerencia de mantenimiento. Definiciones de mantenimiento y confiabilidad. Niveles de mantenimiento. Estructura de activos (Jerarquización de sistemas y taxonomía de equipos en PDVSA). Guía para definir la estructura de activos en PDVSA. Indicadores de gestión del proceso de mantenimiento.

Planes de formación basados en perfiles técnicos:

Clave para el éxito del Departamento de Mantenimiento



Autor: Lisset Chávez González
Directora Editorial Predictiva21

La capacidad de un departamento de mantenimiento para funcionar eficientemente y prevenir fallos inesperados no solo depende de la tecnología disponible, sino, crucialmente, del nivel de competencias y conocimientos técnicos de su personal.

Implementar planes de formación basados en perfiles técnicos específicos se ha convertido en una estrategia esencial para las empresas que buscan optimizar sus operaciones y mantener su competitividad.

La importancia de la personalización en la formación

Cada persona dentro de un departamento de mantenimiento posee un conjunto único de habilidades y responsabilidades, dependiendo de su rol específico, desde roles de campo que se enfocan en la reparación y el mantenimiento rutinario hasta roles especializados en el análisis de fallos y la optimización de procesos. Un plan de formación eficaz reconoce estas diferencias y personaliza los módulos de aprendizaje para satisfacer las necesidades individuales, lo cual no solo mejora la competencia técnica sino también la motivación y la retención del personal.

Identificación de necesidades y perfiles

El primer paso para desarrollar un plan de formación efectivo es realizar una evaluación detallada de las competencias actuales del personal y las demandas específicas del entorno de trabajo. Esta evaluación debe incluir:

- **Evaluaciones de habilidades técnicas:** Determinar el nivel actual de conocimiento y habilidad en áreas clave como diagnóstico de fallas, operación de maquinaria específica, y comprensión de los sistemas de control.
- **Análisis de brechas:** Identificar las discrepancias entre las habilidades actuales y las habilidades requeridas para cumplir con los estándares de rendimiento y seguridad.
- **Feedback de supervisores y colaboradores:** Incorporar sus percepciones y experiencias para entender mejor las necesidades reales en el terreno.



Confiabilidad

Gestión de Mantenimiento

Sistemas y procesos

Eléctrica

Predictivo

Mecánica

Inst.&Cont.

HSE

Gestión de proyectos

Integridad

Perfiles técnicos en Predyc

Diseño del plan de formación:

Con un claro entendimiento de las necesidades, el siguiente paso es diseñar un plan de formación que aborde específicamente las brechas identificadas. Este incluye:

- **Formación técnica especializada:** Cursos diseñados para mejorar las competencias en áreas técnicas específicas.
- **Seminarios sobre nuevas tecnologías:** Mantener al personal actualizado sobre las últimas tecnologías y prácticas en el campo del mantenimiento.
- **Entrenamiento en habilidades blandas:** Como la gestión de proyectos, comunicación y liderazgo, que son esenciales para los técnicos que asumen roles de supervisión.

Implementación y evaluación

La implementación del plan de formación debe ser flexible y accesible, Predyc permite a los técnicos aprender a su propio ritmo y en horarios que no interfieran con sus responsabilidades laborales diarias. La evaluación continua a través de pruebas prácticas y teóricas asegura que los objetivos de aprendizaje se estén cumpliendo, permitiendo ajustes en tiempo real al curriculum.

Invertir en planes de formación personalizados no solo es beneficioso para el desarrollo profesional del personal técnico, sino que también ofrece retornos significativos para la empresa. Un equipo bien capacitado es menos propenso a cometer errores que resulten en costosas paradas de producción o reparaciones.

Además, la capacidad de manejar internamente mantenimiento avanzado y diagnósticos reduce la necesidad de contratar servicios externos costosos.

Con años de experiencia en la capacitación técnica, proporcionamos planes que están directamente alineados con las necesidades específicas de tu industria y personal. Contáctenos hoy para aprender cómo podemos ayudarte a transformar tu departamento de mantenimiento en un modelo de eficiencia y confiabilidad.

Pilar de formación	Conocimientos/ Competencias
Introducción a la Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad	Conciencia de las distintas técnicas de análisis de confiabilidad para la mejora del mantenimiento.
Taxonomía de acuerdo a ISO 14224	Conocimiento de la estructura jerárquica recomendada (taxonomía) para activos físicos de procesos productivos bajo la norma ISO 14224.
Análisis de Criticidad de Equipos	Definición de la criticidad de activos físicos dentro de la jerarquía de un proceso productivo.
Confiabilidad Humana	Comprensión del impacto humano sobre los procesos de mantenimiento. Mejora de los procesos de mantenimiento mediante el aumento de la confiabilidad humana.
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM	Análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).
CMRP	Autodiagnóstico en los 5 Pilares del cuerpo de conocimientos de la CMRP.

Fragmento de un Plan de Formación en base a perfiles técnicos elaborado por Predyc

INSCRIPCIONES ABIERTAS

Programa de Formación Gestión de Activos **ISO 55001** e **ISO 14224** en ambiente **SAP ERP**

INICIAMOS EL

04
DE JUNIO

8 semanas | 64 horas en línea en vivo

Módulo 1 - **Introducción a la Gestión de Activos**

- Principios de la gestión de activos bajo ISO 55001.
- Principios de la norma ISO 14224.

Módulo 2 - **Introducción a SAP ERP**

- Introducción a la formación.
- Introducción a SAP ERP – Navegación básica sobre el sistema.

Módulo 3 - **Gestión de Mantenimiento en SAP**

- Introducción al proceso de gestión de activos en SAP
- Gestión de Datos Maestros
- Gestión de Mantenimiento Rutinario.
- Gestión de Mantenimiento Preventivo.
- Sistema de información logística

Módulo 4 - **Gestión de Materiales e inventarios en SAP**

- Gestión de Datos Maestros.
- Planificación de necesidades.
- Gestión de compras.
- Gestión de inventarios.
- Sistema de información Logística.

Módulo 5 - **Gestión de Proyectos en SAP**

- Introducción al sistema de proyectos
- Gestión de datos maestros
- Creación de Proyectos.
- Planificación y presupuesto de Proyectos.
- Ejecución de Proyectos.
- Cierre de Proyectos.
- Sistema de Información Logística.

Módulo 6 - **Integraciones con otros módulos de SAP**

- Integración con el módulo de costos (CO) en SAP ERP
- Integración con el módulo de Finanzas (FI) en SAP ERP

Módulo 7 - **Sistema de información logística**

- Reportes estándar.
- Análisis de Costos.
- Simulación de la programación del Mantenimiento Preventivo.

Impartido por:



PREDICTIVA21

ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ ACR

La evolución es:

Método + Software

Sologic + Causelink



Incluye:

- ✓ Método ACR Sologic
- ✓ Línea de Tiempo
- ✓ Espina de Pescado
- ✓ 5 Porqué
- ✓ Causa-Efecto

**AGENDA DEL
1ER TRIMESTRE DEL AÑO**



WEBINARS

→ 15 de Febrero de 2024. 2pm GMT-03

NUEVAS SOLUCIONES DE SOLOGIC: LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y LA PREVENCIÓN EN EL 2024

→ 21 de Marzo de 2024. 2pm GMT-03

¿PODRÁ LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL RESOLVER LOS PROBLEMAS?

→ 18 de Abril de 2024. 2pm GMT-03

CÓMO ELEGIR LA HERRAMIENTA DE ACR MÁS EFECTIVA



CURSOS ABIERTOS

→ 5 de Marzo

Facilitador (Modalidad Virtual)

→ 14 de Mayo

Facilitador Líder (Modalidad Virtual)



5TO. ENCUENTRO ENTRE PARES
25 de Abril - 17pm GMT-03



E-mail infolatam@sologic.com

+54 911 3474 1012 +52 993 214 9385

www.sologic.com/es-mx



ADVANTAGES & DISADVANTAGES USING ACTIVE MAGNETIC BEARINGS vs GAS /AIR BARINGS vs LUBE OIL BEARINGS IN TURBOMACHINERY



Autor: Alberto Martínez Llaurodo

Ingeniero Mecánico, Especialista en Equipos Rotativos.

SYNOPSIS

This article discusses the different options available for turbomachinery regarding the use of radial and axial bearings in turbomachines. In particular, it focuses on bearings that maintain the separation between the moving rotor and the fixed or static section, which is the equipment housing. We refer to those that are oil-lubricated under pressure, those that maintain separation through the application of gas or pressurized air to avoid friction and rubbing between the rotor and housing, and the active magnetic type bearings, now increasingly critical in heavy industry worldwide. Here, we will explore the advantages and disadvantages of using these, the limits in design, selection, and the development of their engineering applied to turbomachinery. The associated questions of why to use them, when to use them, where to apply them, which one to apply, what kind of considerations to apply, and how to use them in each case are addressed. The critical steps to follow for their use are summarized through methods, procedures, specific actions, studies to consider, types of mitigations to apply, and recommendations to follow in general global industry usage.

1. Active Magnetic Bearings (AMBs):

Advantages:

- **Non-contact operation:** AMBs eliminate physical contact, minimizing wear and reducing the risk of failures caused by friction.
- **High reliability:** AMBs provide precise control over rotor position, reducing the chances of misalignment and vibration-related failures.
- **Enhanced safety:** AMBs offer advanced condition monitoring capabilities, enabling early fault detection and prevention of catastrophic failures.
- **Improved efficiency:** The absence of friction reduces energy losses, leading to higher overall system efficiency.
- **Environmental benefits:** AMBs eliminate the need for lubricating oil, reducing the risk of oil leakage and environmental contamination.

Disadvantages:

- **Complexity:** AMBs require sophisticated control systems and power electronics, increasing system complexity and cost.
- **Sensitivity to power supply interruptions:** AMBs rely on a continuous power supply, and power disruptions can lead to a sudden loss of rotor support.
- **Specialized expertise:** Installation, maintenance, and troubleshooting of AMBs may require specialized knowledge and skills.

2. Air/Gas bearings:

Advantages:

- **Contactless operation:** Air/gas bearings eliminate mechanical contact, reducing wear and the risk of failures associated with friction.
- **High-speed capability:** Air/gas bearings can support high-speed operation, making them suitable for turbomachinery applications.
- **Simplified lubrication system:** Air/gas bearings do not require complex lubrication systems, reducing maintenance needs.
- **Cooling effect:** The flow of compressed air or gas can provide cooling to the rotor, helping manage temperature rise.

Disadvantages:

- **Limited load capacity:** Air/gas bearings may have lower load capacity compared to other bearing types, limiting their suitability for certain applications.
- **Sensitivity to contamination:** Air/gas bearings are sensitive to particulate contamination, requiring careful control of the operating environment.
- **Reduced precision:** Compared to AMBs, air/gas bearings may offer lower precision in rotor position control.

3. Lube oil bearings:

Advantages:

- **Proven technology:** Lube oil bearings have a long history of successful application in turbomachinery and centrifugal compressors.
- **Load capacity:** Lube oil bearings can handle higher loads and accommodate larger clearances.
- **Tolerance to contaminants:** Lube oil bearings can withstand certain levels of oil contamination without immediate adverse effects.
- **Cost-effective:** Lube oil bearing systems are generally less expensive to implement and maintain.

Disadvantages:

- **Friction and wear:** Lube oil bearings rely on a lubricating film, making them susceptible to wear and requiring regular oil analysis and maintenance.
- **Oil leakage and environmental concerns:** The presence of lubricating oil increases the risk of leaks and environmental contamination if not properly managed.
- **Maintenance requirements:** Lube oil bearings necessitate regular maintenance, including oil changes, filtration, and monitoring of oil quality.

It's important to note that the selection of a bearing system should consider the specific application requirements, operating conditions, budget constraints, and risk mitigation strategies. Each bearing type has its own set of advantages and disadvantages. Collaborating with experienced engineers and considering a comprehensive risk assessment can help in making an informed decision that prioritizes reliability, availability, and safety while minimizing critical and environmental risks and failures in the oil and gas industries.

LIMITS IN ENGINEERING & DESIGN FOR DIFFERENT BEARINGS TYPES

When applying active magnetic bearings (AMBs), air/gas bearings, and lube oil bearings in centrifugal compressors and turbomachinery to enhance reliability, availability, and safety while avoiding critical and environmental risks and failures in the oil and gas industries, certain limits in engineering and design should be considered. These limits include:

Active Magnetic Bearings (AMBs):

- **Power supply reliability:** AMBs require a continuous and reliable power supply. Any power interruptions or failures can lead to an immediate loss of rotor support, potentially causing a catastrophic failure.
- **Control System Complexity:** The design and implementation of the control system for AMBs involve sophisticated electronics and software. Adequate expertise and maintenance resources are necessary to ensure the proper functioning and performance of the control system.
- **Cost:** The initial capital cost of installing AMBs can be higher compared to other bearing types, making it essential to evaluate the economic feasibility and benefits of using AMBs in each specific application.

Air/Gas Bearings:

- **Contamination sensitivity:** Air/gas bearings are susceptible to particulate contamination, which can affect their performance and lifespan. The operating environment must be carefully controlled to prevent contamination that could compromise the bearing operation.
- **Load capacity:** Air/gas bearings may have limitations on load capacity, making them less suitable for applications with high axial or radial loads.
- **Precision and stability:** Achieving high precision and stability in rotor positioning can be challenging with air/gas bearings, particularly at lower speeds. Design considerations are necessary to ensure sufficient accuracy and stability for the specific application.

Lube Oil Bearings:

- **Friction and wear:** Lube oil bearings rely on a lubricating film to reduce friction and wear. However, over time, wear can occur, and the lubrication film may degrade, requiring regular maintenance and monitoring to prevent failures.
- **Oil leakage:** The presence of lubricating oil increases the risk of leaks, which can result in environmental contamination and safety hazards. Proper design

measures and maintenance practices are necessary to prevent oil leakage.

- **Temperature control:** Lube oil bearings require effective temperature control to prevent overheating, especially in high-speed applications. Cooling systems and monitoring of oil temperature are essential to maintain reliable and safe operation.

When implementing these bearing types in existing plants or new projects, it is crucial to consider the specific application requirements, operational conditions, and risk mitigation strategies. Conducting thorough risk assessments, engaging experienced engineers, and adhering to industry standards and best practices will help overcome the limits and ensure the appropriate engineering and design of these bearings to improve reliability, availability, and safety while minimizing critical and environmental risks and failures in the oil and gas industries.

WHY, WHEN, WHERE, WHAT, WHICH, HOW TO USE DIFFERENT BEARING TYPES

Why use and apply these bearing types?

- **Improve reliability:** These bearing types offer various advantages such as reduced friction, wear, and vibration, leading to improved reliability and longer equipment lifespan.
- **Enhance availability:** By minimizing failures and maintenance requirements, these bearings can increase equipment uptime and availability, resulting in improved overall plant productivity.
- **Ensure safety:** Proper bearing selection and design contribute to safe and stable equipment operation, reducing the risk of accidents and safety hazards.
- **Mitigate risks and failures:** Each bearing type has specific features and benefits that help mitigate critical risks, such as oil leakage, power interruptions, and contamination issues.

When to use and apply each bearing type?

- **Active Magnetic Bearings (AMBs):** Consider using AMBs when high precision, control, and condition monitoring are required, and when minimizing mechanical wear and friction is crucial.
- **Air/Gas Bearings:** Choose air/gas bearings for applications demanding high speeds, low friction, and simplified lubrication systems, such as high-speed turbomachinery.
- **Oil Bearings:** Select lube oil bearings for applications with moderate loads, lower speeds, and where proven technology, load capacity, and cost-effectiveness are priorities.

Where to use and apply each bearing type?

- Existing plants: Evaluate the feasibility and benefits of retrofitting or upgrading existing centrifugal compressors or turbomachinery with the desired bearing type based on the specific goals and requirements.
- New projects: During the design and engineering phase of new projects, carefully consider the application requirements, operating conditions, and project goals to determine the most suitable bearing type.

What are the considerations when selecting a bearing type?

- Application requirements: Assess the specific requirements of the compressor or turbomachinery, including load capacity, speed range, precision, and stability.
- Environmental factors: Consider the presence of corrosive or hazardous gases, potential for oil leaks, or sensitivity to contaminants in the operating environment.
- Safety considerations: Evaluate the safety implications of each bearing type, such as the risk of catastrophic failures, power interruptions, or environmental hazards.

Which bearing type to choose?

The selection depends on factors such as speed, load capacity, precision, maintenance requirements, power availability, cost, and specific application considerations.

Engage with experienced engineers, bearing manufacturers, and consultants to assess the specific requirements and make an informed decision.

How to use and apply each bearing type effectively?

- Design and engineering: Ensure that the bearing system is integrated correctly into the overall design of the compressor or turbomachinery, considering factors such as rotor dynamics, thermal management, and control systems.
- Installation and commissioning: Follow the manufacturer's guidelines and best practices during the installation and commissioning process to ensure proper alignment, balancing, and calibration.
- Maintenance and monitoring: Implement a comprehensive maintenance program that includes regular inspection, lubrication (if applicable), condition monitoring, and predictive maintenance techniques.

By carefully considering the why, when, where, what, which, and how aspects of using and applying these bearing types, you can optimize reliability, availability, and safety while minimizing critical and environmental risks and failures in the oil and gas industries, whether in existing plants or new projects. Collaboration with experts and adherence to industry standards and best practices play a crucial role in successful implementation.

PROCEDURES, ACTIONS, STUDIES, MITIGATION, RECOMMENDATIONS TO USE DIFFERENT BEARING TYPES

Procedures and actions:

- a. Comprehensive risk assessment:** Conduct a thorough risk assessment to identify potential failure modes, critical risks, and environmental concerns associated with the bearing types and specific applications.
- b. Application-specific analysis:** Perform detailed analysis of the system requirements, including load capacity, speed range, precision, temperature, and environmental conditions.
- c. Bearing selection:** Evaluate the advantages, disadvantages, and limitations of each bearing type against the identified application requirements to determine the most suitable option.
- d. Engineering design:** Ensure that the bearing system is appropriately integrated into the overall design, considering factors such as rotor dynamics, thermal management, and control systems.
- e. Installation and commissioning:** Follow manufacturer guidelines and best practices for proper installation, alignment, balancing, and calibration of the bearing system.
- f. Maintenance and monitoring:** Implement a proactive maintenance program that includes regular inspection, lubrication (if applicable), condition monitoring, and predictive maintenance techniques.
- g. Training and expertise:** Provide training for operators, maintenance personnel, and engineers involved in the installation, operation, and maintenance of the chosen bearing system.

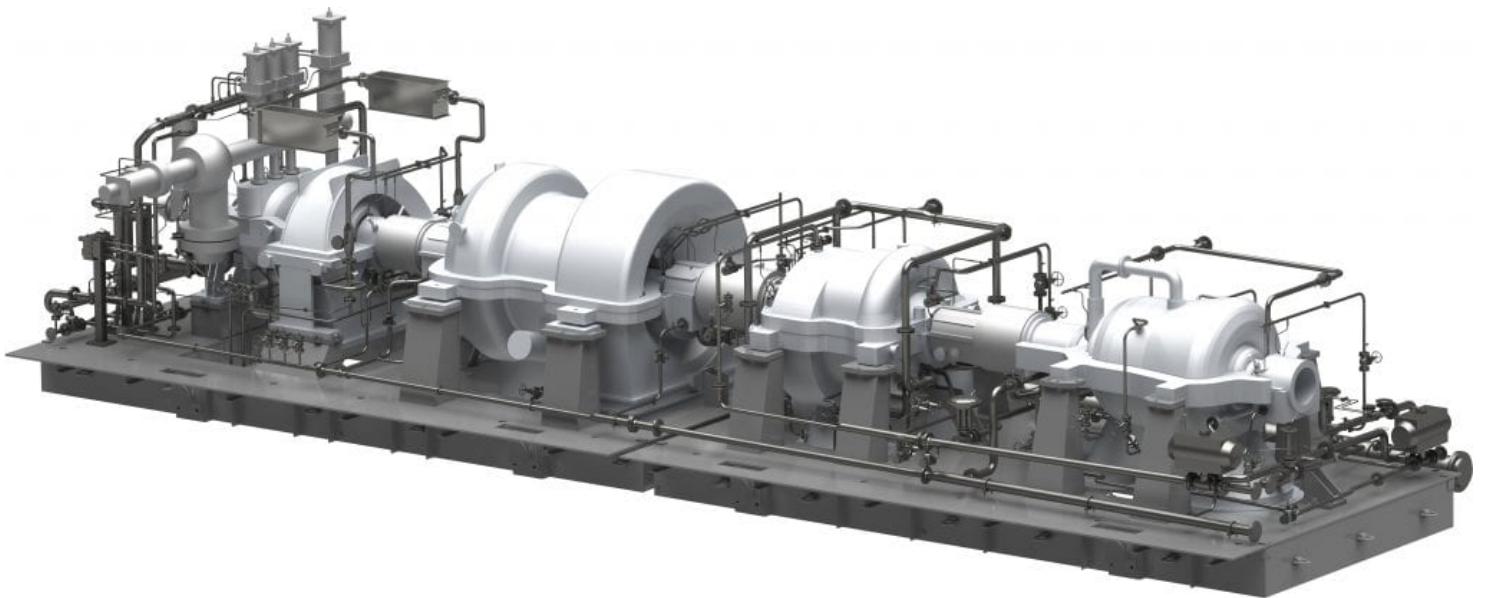
Studies and mitigation:

- a. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA):** Conduct FMEA studies to identify potential failure modes, their effects on system performance, and mitigation strategies.
- b. Fault detection and diagnostic studies:** Develop or utilize advanced condition monitoring techniques to detect and diagnose potential issues in real-time, enabling timely intervention and preventive actions.
- c. Contamination control:** Implement effective contamination control measures, such as filtration systems, to mitigate the risk of contaminants adversely affecting bearing performance and system reliability.
- d. Temperature management:** Develop appropriate cooling systems and monitoring mechanisms to control bearing temperature and prevent overheating.
- e. Redundancy and backup systems:** Consider the implementation of redundant systems or backup solutions to ensure continued operation in case of bearing failure or power interruptions.
- f. Environmental protection:** Implement measures to prevent oil leakage, control emissions, and minimize the environmental impact of bearing systems, particularly in sensitive or regulated environments.

Recommendations:

- a. Collaborative approach:** Engage with bearing manufacturers, industry experts, and consultants to benefit from their expertise and gain insights into the best practices for bearing selection, installation, operation, and maintenance.
- b. Compliance with standards:** Adhere to industry standards, guidelines, and regulations relevant to bearing design, installation, and safety to ensure compliance and mitigate risks.
- c. Continuous improvement:** Foster a culture of continuous improvement by monitoring system performance, gathering feedback, and implementing lessons learned to optimize bearing usage and performance over time.
- d. Documentation and knowledge management:** Maintain comprehensive documentation of bearing-related procedures, maintenance records, and lessons learned to facilitate knowledge transfer, troubleshooting, and decision-making in the future.

By following these procedures, actions, studies, mitigations, and recommendations, you can enhance the reliability, availability, maintainability, and safety of centrifugal compressors and turbomachinery, while reducing critical and environmental risks and failures in both existing plants and new projects within the oil and gas industries.



VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE USAR COJINETES MAGNÉTICOS ACTIVOS VS COJINETES DE AIRE/ GAS VS COJINETES DE ACEITE LUBRICANTE EN LATURBOMAQUINARIA



 Autor: Alberto Martínez Llaurado
Ingeniero Mecánico, Especialista en Equipos Rotativos.



SINOPSIS

Este artículo trata de las diferentes opciones disponibles para las turbomáquinas con respecto al uso de los cojinetes radiales y axiales en turbomaquinaria, en particular respecto a los cojinetes son los que mantienen la separación entre el rotor en movimiento respecto a la sección fija o estática que es la carcasa del equipo. En este caso, nos referimos a los que son del tipo lubricados con aceite a presión, los que mantienen la separación mediante la aplicación de un gas o de aire a presión a fin de evitar la fricción y roce entre el rotor y carcasa, y los cojinetes del tipo activo magnético, ya en aplicaciones cada vez

mas criticas en la industria pesada a nivel mundial. Aquí veremos las ventajas y desventajas en el uso de estos, los límites en el diseño, selección y el desarrollo de su ingeniería aplicada a turbomáquinas, los cuestionamientos asociados del porque usarlos, cuando usarlos, donde aplicarlos, cual aplicar, que tipo de consideraciones aplicar, y como usarlos en cada caso. Se resumen los pasos críticos a seguir para su uso a través de los métodos, procedimientos, acciones específicas, que estudios considerar, que tipo de mitigaciones aplican, y que recomendaciones seguir en los usos en la industria global en general.

1. Cojinetes Magnéticos Activos (AMBs):

Ventajas:

Operación sin contacto: Los AMBs eliminan el contacto físico, minimizando el desgaste y reduciendo el riesgo de fallas causadas por fricción.

- Alta fiabilidad: Los AMBs proporcionan un control preciso sobre la posición del rotor, reduciendo las posibilidades de desalineación y fallas relacionadas con la vibración.
- Mayor seguridad: Los AMBs ofrecen capacidades de control avanzado del monitoreo de las condiciones, permitiendo la detección temprana de fallos y previniendo fallas catastróficas.
- Mejora en la eficiencia: La ausencia de fricción reduce las pérdidas de energía, lo que lleva a una mayor eficiencia del sistema en general.
- Beneficios ambientales: Los AMBs eliminan la necesidad de aceite lubricante, reduciendo el riesgo de fugas de aceite y contaminación ambiental.

Desventajas:

- Complejidad: Los AMBs requieren sistemas de control sofisticados y alimentación electrónica, aumentando la complejidad y el costo del sistema.
- Sensibilidad a interrupciones del suministro de energía: Los AMBs dependen de un suministro eléctrico continuo, y las interrupciones de energía pueden provocar una pérdida repentina de soporte del rotor.
- Especialización específica: La instalación, mantenimiento y resolución de problemas de los AMBs pueden requerir conocimientos y habilidades especializadas.

2. Cojinetes de Aire/Gas:

Ventajas:

- Operación sin contacto: Los cojinetes de aire/gas eliminan el contacto mecánico, reduciendo el desgaste y el riesgo de fallas asociadas con la fricción.
- Capacidad de alta velocidad: Los cojinetes de aire/gas pueden soportar operaciones de alta velocidad, lo que los hace adecuados para aplicaciones de turbomaquinaria.
- Sistema de lubricación simplificado: Los cojinetes de aire/gas no requieren sistemas de lubricación complejos, reduciendo las necesidades de mantenimiento.
- Efecto de enfriamiento: El flujo de aire comprimido o gas puede proporcionar enfriamiento al rotor, ayudando a controlar el aumento de temperatura.

Desventajas:

- Capacidad de carga limitada: Los cojinetes de aire/gas pueden tener una capacidad de carga menor en comparación con otros tipos de cojinetes, lo que limita su idoneidad para ciertas aplicaciones.
- Sensibilidad a la contaminación: Los cojinetes de aire/gas son sensibles a la contaminación por partículas, lo que requiere un control cuidadoso del entorno operativo.
- Precisión reducida: En comparación con los AMBs, los cojinetes de aire/gas pueden ofrecer una menor precisión en el control de posición del rotor.

3. Cojinetes de aceite lubricante:

Ventajas:

- Tecnología probada: Los cojinetes de aceite lubricante tienen una larga historia de aplicación exitosa en turbomaquinaria y compresores centrífugos.
- Capacidad de carga: Los cojinetes de aceite lubricante pueden manejar cargas más altas y acomodar mayores claros (holgura).
- Tolerancia a los contaminantes: Los cojinetes de aceite lubricante pueden resistir ciertos niveles de contaminación por aceite, sin efectos adversos inmediatos.
- Rentabilidad: Los sistemas de cojinetes de aceite lubricante son generalmente menos costosos de implementar y mantener.

Desventajas:

- Fricción y desgaste: Los cojinetes de aceite lubricante dependen de una película lubricante, lo que los hace susceptibles al desgaste y requiere análisis y mantenimiento regulares del aceite.
- Fugas de aceite y preocupaciones ambientales: La presencia de aceite lubricante aumenta el riesgo de fugas y de contaminación ambiental si no se gestiona adecuadamente.
- Requisitos de mantenimiento: Los cojinetes de aceite lubricante requieren mantenimiento regular, incluidos cambios de aceite, filtración y monitoreo de la calidad del aceite.

Es importante tener en cuenta que la selección de un sistema de cojinetes debe considerar los requisitos específicos de la aplicación, las condiciones de operación, las limitaciones presupuestarias y las estrategias de mitigación de riesgos.

Cada tipo de cojinete tiene su propio conjunto de ventajas y desventajas. Colaborar con ingenieros experimentados y

considerar una evaluación integral de riesgos puede ayudar a tomar una decisión informada que priorice la confiabilidad, la disponibilidad y la seguridad mientras se minimizan los riesgos críticos y ambientales y las fallas en las industrias de petróleo y gas.

LÍMITES EN INGENIERÍA Y DISEÑO PARA DIFERENTES TIPOS DE COJINETES

Al aplicar cojinetes magnéticos activos (AMBs), cojinetes de aire/gas y cojinetes de aceite lubricante en compresores centrífugos y en turbomaquinaria para mejorar la fiabilidad, disponibilidad y seguridad, evitando riesgos críticos y ambientales y fallas en las industrias de generación de potencia, petroquímica, petróleo y gas, se deben considerar ciertos límites en ingeniería y diseño. Estos límites incluyen:

1. Cojinetes magnéticos activos (AMBs):

- **Fiabilidad del suministro de energía:** Los AMBs requieren un suministro de energía continuo y confiable. Cualquier interrupción o fallo en el suministro de energía puede provocar una pérdida inmediata de soporte del rotor, potencialmente causando una falla catastrófica.
- **Complejidad del sistema de control:** El diseño e implementación del sistema de control para AMBs involucran electrónica y software sofisticados. Se requieren experiencia adecuada y recursos de mantenimiento para garantizar el funcionamiento y rendimiento adecuados del sistema de control.
- **Costo:** El costo de capital o inversión inicial de instalar AMBs puede ser más alto en comparación con otros tipos de cojinetes, por lo que es esencial evaluar la viabilidad económica y los beneficios de usar AMBs en cada aplicación específica.

2. Cojinetes de Aire/Gas:

- **Sensibilidad a la contaminación:** Los cojinetes de aire/gas son susceptibles a la contaminación por partículas, lo que puede afectar su rendimiento y vida útil. El entorno operativo debe controlarse cuidadosamente para evitar la contaminación que podría comprometer la operación del cojinete.
- **Capacidad de carga:** Los cojinetes de aire/gas pueden tener limitaciones en la capacidad de carga, lo que los hace menos adecuados para aplicaciones con cargas axiales o radiales elevadas.
- **Precisión y estabilidad:** Lograr alta precisión y estabilidad en la posición del rotor puede ser desafiante con cojinetes de aire/gas, especialmente a velocidades más bajas. Se necesitan consideraciones de diseño para garantizar suficiente precisión y estabilidad para la aplicación específica.

3. Cojinetes de aceite lubricante:

- **Fricción y desgaste:** Los cojinetes de aceite lubricante dependen de una película lubricante para reducir la fricción y el desgaste. Sin embargo, con el tiempo, puede ocurrir desgaste y la película lubricante puede degradarse, requiriendo mantenimiento regular y monitoreo para prevenir fallas.
- **Fugas de aceite:** La presencia de aceite lubricante aumenta el riesgo de fugas, lo que puede resultar en contaminación ambiental y peligros para la seguridad. Se necesitan medidas de diseño adecuadas y prácticas de mantenimiento para prevenir fugas de aceite.
- **Control de temperatura:** Los cojinetes de aceite lubricante requieren un control efectivo de la temperatura para prevenir el sobrecalentamiento, especialmente en aplicaciones de alta velocidad. Los sistemas de enfriamiento y el monitoreo de la temperatura del aceite son esenciales para mantener una operación confiable y segura.

Al implementar estos tipos de cojinetes en plantas existentes o en nuevos proyectos, es crucial considerar los requisitos específicos de la aplicación, las condiciones operativas y las estrategias de mitigación de riesgos. Realizar evaluaciones de riesgos exhaustivas, involucrar a ingenieros experimentados y adherirse a estándares de la industria y mejores prácticas ayudarán a superar los límites y garantizar el diseño y la ingeniería apropiados de estos cojinetes para mejorar la fiabilidad, disponibilidad y seguridad, mientras se minimizan los riesgos críticos y ambientales y las fallas en la industria.

POR QUÉ, CUÁNDO, DÓNDE, QUÉ, CUÁL Y CÓMO USAR LOS DIFERENTES TIPOS DE COJINETES

1. ¿Por qué utilizar y aplicar estos tipos de cojinetes?

- **Mejora de la fiabilidad:** Estos tipos de cojinetes ofrecen varias ventajas, como la reducción de la fricción, el desgaste y la vibración, lo que conduce a una mayor fiabilidad y una vida útil más larga del equipo.
- **Aumento de la disponibilidad:** Al minimizar las fallas y los requisitos de mantenimiento, estos cojinetes pueden aumentar el tiempo de actividad y la disponibilidad del equipo, lo que resulta en una mayor productividad general de la planta.
- **Garantizar la seguridad:** La selección y diseño adecuados de cojinetes contribuyen a una operación segura y estable del equipo, reduciendo el riesgo de accidentes y peligros para la seguridad.

- Mitigar riesgos y fallas: Cada tipo de cojinete tiene características y beneficios específicos que ayudan a mitigar riesgos críticos, como son las fugas de aceite, interrupciones de energía y problemas de contaminación.

2. ¿Cuándo utilizar y aplicar cada tipo de cojinete?

- Cojinetes Magnéticos Activos (AMBs): Considera utilizar AMBs cuando se requiera alta precisión, control y monitoreo de condiciones, y cuando se requiera de forma crucial minimizar el desgaste mecánico y la fricción.
- Cojinetes de Aire/Gas: Elige cojinetes de aire/gas para aplicaciones que requieran altas velocidades, baja fricción y sistemas de lubricación simplificados, como la turbomaquinaria de alta velocidad.
- Cojinetes de Aceite Lubricante: Selecciona cojinetes de aceite lubricante para aplicaciones con cargas moderadas, velocidades más bajas y donde la tecnología haya sido probada, y donde la capacidad de carga y la rentabilidad sean prioridades.

3. ¿Dónde utilizar y aplicar cada tipo de cojinete?

- Plantas existente: Evalúa la viabilidad y los beneficios de adaptar o actualizar compresores centrífugos o turbomaquinaria existente con el tipo de cojinete deseado según los objetivos y requisitos específicos.
- Nuevos proyectos: Durante la fase de diseño e ingeniería de nuevos proyectos, considera cuidadosamente los requisitos de aplicación, las condiciones de operación y los objetivos del proyecto para determinar el tipo de cojinete más adecuado.

4. ¿Cuáles son las consideraciones al seleccionar un tipo de cojinete?

- Requisitos de aplicación: Evalúa los requisitos específicos del compresor o turbomaquinaria, incluida la capacidad de carga, el rango de velocidad, la precisión y la estabilidad.
- Factores ambientales: Considera la presencia de gases corrosivos o peligrosos, el potencial de fugas de aceite o la sensibilidad a contaminantes en el entorno operativo.
- Consideraciones de seguridad: Evalúa las implicaciones de seguridad de cada tipo de cojinete, como el riesgo de fallas catastróficas, interrupciones de energía o peligros ambientales.



5. ¿Qué tipo de cojinete elegir?

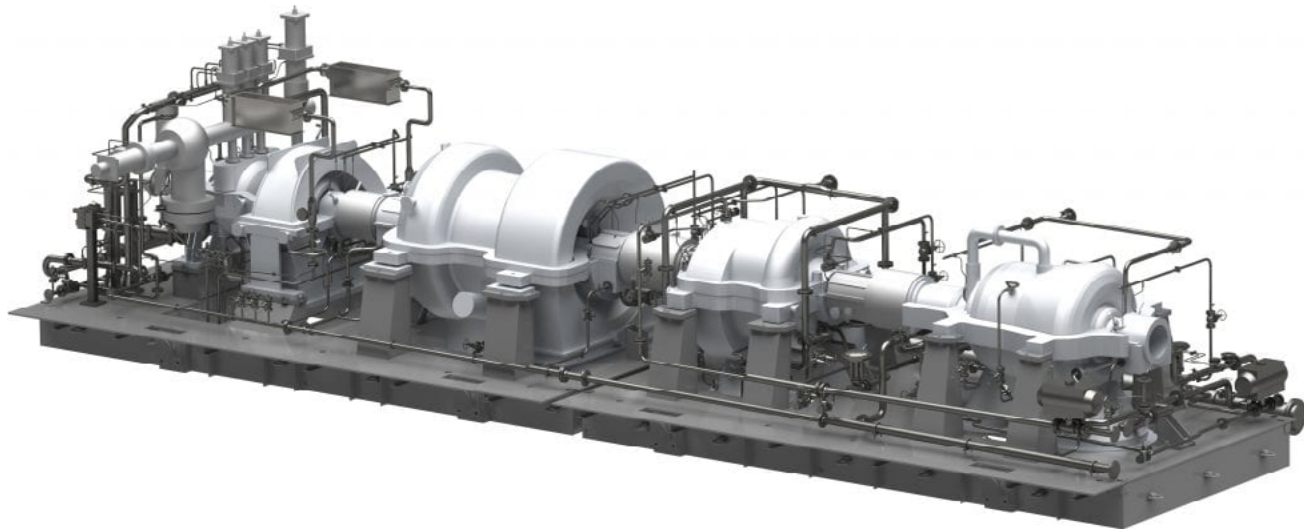
La selección depende de factores como son la velocidad, capacidad de carga, precisión, requisitos de mantenimiento, disponibilidad de energía, costo y consideraciones específicas de la aplicación.

Colabora con ingenieros o técnicos experimentados, fabricantes de cojinetes y consultores para evaluar los requisitos específicos y tomar una decisión informada.

6. ¿Cómo utilizar y aplicar cada tipo de cojinete de manera efectiva?

- Diseño e ingeniería: Asegúrate de que el sistema de cojinete se integre correctamente en el diseño general del compresor o turbomaquinaria, considerando factores como dinámica del rotor, gestión térmica y sistemas de control.
- Instalación y puesta en marcha: Sigue las pautas del fabricante y las mejores prácticas durante el proceso de instalación y de puesta en marcha para garantizar una alineación, balanceo y calibración adecuados.
- Mantenimiento y monitoreo: Implementa un programa de mantenimiento integral que incluya inspecciones regulares, lubricación, monitoreo de condiciones y técnicas de mantenimiento predictivo.

Al considerar cuidadosamente los aspectos de por qué, cuándo, dónde, qué, cuál y cómo utilizar y aplicar estos tipos de cojinetes, puedes optimizar la fiabilidad, disponibilidad y seguridad mientras se minimizan los riesgos críticos y ambientales y las fallas en la industria, ya sea en plantas existentes o para nuevos proyectos. La colaboración con expertos y el cumplimiento de estándares y mejores prácticas de la industria desempeñan un papel crucial en la implementación exitosa.



PROCEDIMIENTOS, ACCIONES, ESTUDIOS, MITIGACIÓN, RECOMENDACIONES PARA EL USO DE DIFERENTES TIPOS DE COJINETES

1. Procedimientos y acciones:

- a. Evaluación integral de riesgos: Realizar una evaluación exhaustiva de riesgos para identificar posibles modos de fallo, riesgos críticos y preocupaciones ambientales asociadas con los tipos de cojinetes y aplicaciones específicas.
- b. Análisis específico de la aplicación: Realizar un análisis detallado de los requisitos del sistema, incluida la capacidad de carga, rango de velocidad, precisión, temperatura y condiciones ambientales.
- c. Selección de cojinetes: Evaluar las ventajas, desventajas y limitaciones de cada tipo de cojinete frente a los requisitos de la aplicación identificados para determinar la opción más adecuada.
- d. Diseño de ingeniería: Asegurar que el sistema de cojinetes esté integrado adecuadamente en el diseño general, considerando factores como la dinámica del rotor, la gestión térmica y los sistemas de control.
- e. Instalación y puesta en marcha: Seguir las directrices del fabricante y las mejores prácticas según las normas aplicables para la instalación adecuada, alineación, balanceo y calibración del sistema de los cojinetes.
- f. Mantenimiento y monitoreo: Implementar un programa de mantenimiento proactivo que incluya inspecciones regulares, lubricación, monitoreo de condiciones y técnicas de mantenimiento predictivo.
- g. Formación y expertise: Proporcionar formación para operadores, personal de mantenimiento e ingenieros involucrados en la instalación, operación y mantenimiento del sistema de cojinetes elegido.

2. Estudios y mitigación:

- a. Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA): Realizar estudios FMEA para identificar posibles modos de fallo, sus efectos en el rendimiento del sistema y estrategias de mitigación.
- b. Estudios de detección y diagnóstico de fallas: Desarrollar o utilizar técnicas avanzadas de monitoreo de condiciones para detectar y diagnosticar problemas potenciales en tiempo real, permitiendo una intervención oportuna y acciones preventivas.
- c. Control de contaminación: Implementar medidas efectivas de control de contaminación, como sistemas de filtración, para mitigar el riesgo de que los contaminantes afecten adversamente el rendimiento del cojinete y la fiabilidad del sistema.
- d. Gestión de la temperatura: Desarrollar sistemas de refrigeración adecuados y mecanismos de monitoreo para controlar la temperatura del cojinete y prevenir el sobrecalentamiento.
- e. Redundancia y sistemas de respaldo: Considerar la implementación de sistemas redundantes o soluciones de respaldo para garantizar la operación continua en caso de fallo del cojinete o interrupciones de energía.
- f. Protección ambiental: Implementar medidas para prevenir fugas de aceite, controlar emisiones y minimizar el impacto ambiental de los sistemas de cojinetes, especialmente en entornos sensibles o regulados.



3.Recomendaciones:

- a. Enfoque colaborativo: Colaborar con fabricantes de cojinetes, expertos de la industria y consultores para beneficiarse de su experiencia y obtener ideas sobre las mejores prácticas para la selección, instalación, operación y mantenimiento de cojinetes.
- b. Cumplimiento con normativas: Adherirse a las normas de la industria, directrices y regulaciones relevantes para el diseño, instalación y seguridad de cojinetes para garantizar el cumplimiento y mitigar riesgos.
- c. Mejora continua: Fomentar una cultura de mejora continua mediante el monitoreo del rendimiento del sistema, recopilación de experiencias e implementación de lecciones aprendidas para optimizar el uso y rendimiento de los cojinetes con el tiempo.
- d. Documentación y gestión del conocimiento: Mantener una documentación completa de los procedimientos relacionados con los cojinetes, registros de mantenimiento y lecciones aprendidas para facilitar la transferencia de conocimientos, solución de problemas y toma de decisiones en el futuro.

Siguiendo estos procedimientos, acciones, estudios, mitigaciones y recomendaciones, se puede mejorar la fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad de compresores centrífugos y turbomaquinaria, al tiempo que se reducen los riesgos críticos y ambientales y las fallas tanto en plantas existentes como en nuevos proyectos dentro de la industria.



ALL-TEST PRO 34™

Análisis Total del Motor

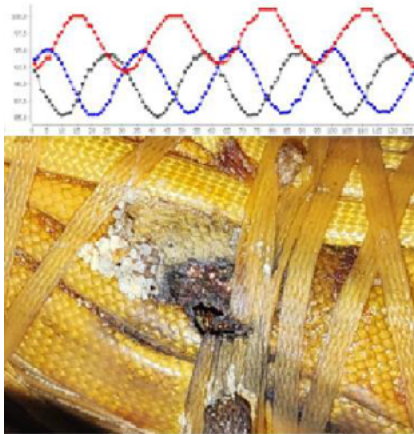


- ✓ Portátil y operado por baterías.
- ✓ Evaluación completa de motores CA que operan a <1000V.
- ✓ Crea tendencia de la condición del motor con su software MCA.

Monitoreo de Condición

Usando la tecnología TVS™ patentada, el AT34™ le permite al usuario realizar una prueba sencilla de 3 minutos para darse una idea sobre la "salud de una máquina". Las desviaciones y/o fluctuaciones en los valores indican un problema en el motor que deberán solucionarse.

Los datos se transfieren via USB a la PC donde reside el software MCA™ para análisis, informes y tendencias.



Problema	Meghómetro	Multímetro	AT34™
Fallos a Tierra (MΩ)	✓	✗	✓
Cortos en bobinas	✗	✗	✓
Fallos en Rotor	✗	✗	✓
Conexiones abiertas	✗	✓	✓
Contaminación	✓	✗	✓



MOTOR GENIE

motorgenie.com

MOTOR GENIE MCA

Analizador de Motores Eléctricos para Motores CA Jaula de Ardilla <1000V

La herramienta más completa, portátil y accesible actualmente en el mercado.



BENEFICIOS

Analiza y diagnostica los problemas de los motores eléctricos fácilmente - ahorrando tiempo y dinero.



Portátil y Versátil

Pruebe motores de difícil acceso; sumergidos o elevados.



Análisis Exhaustivo

Vea el estado del rotor, el estator, la resistencia, el aislamiento y más.



La seguridad es primero

Los métodos de prueba de baja tensión garantizan mayor seguridad.



Rápido

¡Pruebe completa y exhaustivamente un motor en menos de 3 minutos!



Informes

Utilice la aplicación Motor Genie Condition Calculator para IOS y Android. para crear informes.



Tecnología Probada

La tecnología Análisis del Circuito del Motor (MCA) es ampliamente confiable para los expertos en mantenimiento predictivo y confiabilidad.

PROBLEMA	Megóhmetro	Vóltmetro/Óhmetro	MOTOR GENIE MCA
Fallas en Bobinado	✓	✗	✓
Fallas a Tierra	✗	✗	✓
Conexiones Abiertas	✗	✓	✓
Contaminación	✓	✗	✓



"El Motor Genie es el mejor 'megger' que he usado."

Daniel
Braden Electrical Systems

motorgenie.com



Holgura rotativa y sus etapas analizadas con la forma de onda de aceleración



Autor: José Daniel Acosta Robles

Ingeniero Eléctrico, Superintendente de Mantenimiento Predictivo en Industrial Azucarera Ingenio San Cristóbal S.A. de C.V.

En este artículo se analiza el desajuste progresivo de un manguito de fijación y un rodamiento de rodillos a rótula, el cual genera frecuencias diferentes según el grado de desajuste del rodamiento y la evolución de la avería. Además se realiza un Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMEA) para determinar las causas, efecto y acciones correctivas para aumentar la disponibilidad y confiabilidad del activo.

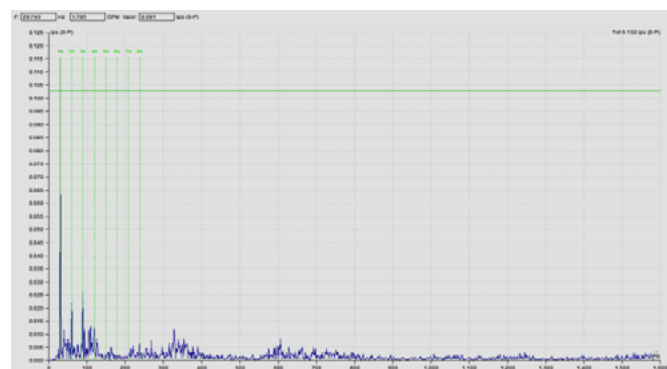
Holgura rotativa, desajuste de manguito de fijación y rodamiento de rodillos a rotula

El sistema a analizar consta de un motor eléctrico de inducción de 100 HP con una velocidad de 1785 CPM, acoplado a un ventilador tipo cantiliver, soportado por dos chumaceras, un lado acople y otro lado libre, se analiza el aumento de la amplitud de la vibración en relación a la progresión de la holgura rotativa que va presentando el rodamiento en operación.

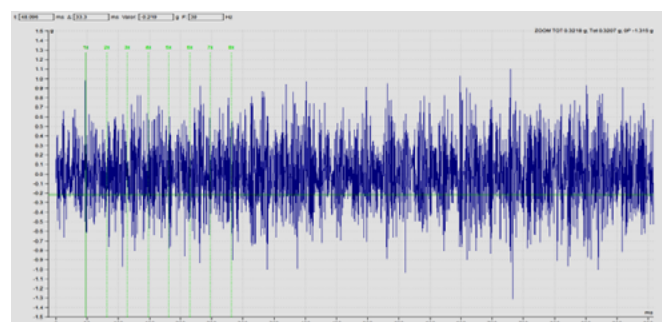
Espectro de Vibración: En espectro de vibración se puede observar que la la amplitud de la vibración es aceptable, sin embargo, existe una ligera pronunciación de la frecuencias 2x y 3x.

Forma de onda de aceleración: En la forma de onda se observa una amplitud Rms moderada, el ventilador es operado a compuerta regulada, aumentando el ruido del flujo del aire, en el rodamiento no se percibe alguna anomalía.

Primera etapa Holgura Rotativa



Espectro de vibración, valor global, 0.13ips (0-Pk)

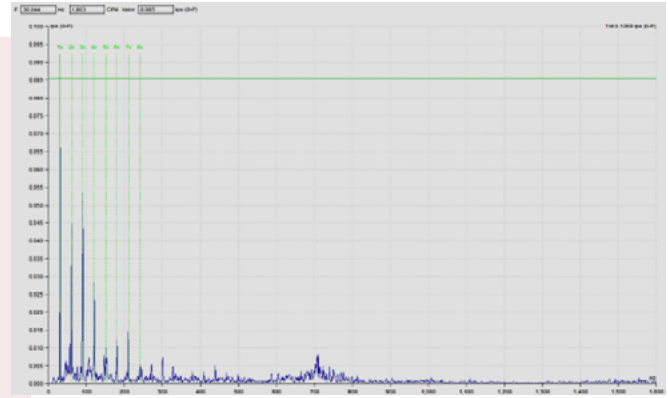


Forma de onda de aceleración, valor global, 0.32 G's (Rms)

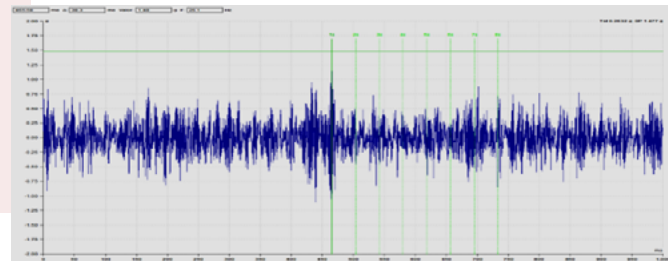
Luego de algunos días de operación, se da seguimiento a la vibración de la chumacera lado libre, la cual se mantiene en valores de amplitud aceptable, la temperatura paso de ser 55 °C a 65 °C, En el espectro de vibración se pueden observar aparición de armónicos de la frecuencia fundamental 1X, 2X, 3X y 4X, lo cual confirma la presencia de holguras rotativas, hasta el momento aceptables determinadas por la amplitud de la vibración.

Forma de onda de aceleración: La forma de onda de aceleración muestran impactos a un periodo no definido pero con alto factor de cresta [F.C.=1.47/0.26= 5.6, Valor ideal (1.42).

Segunda etapa Holgura Rotativa

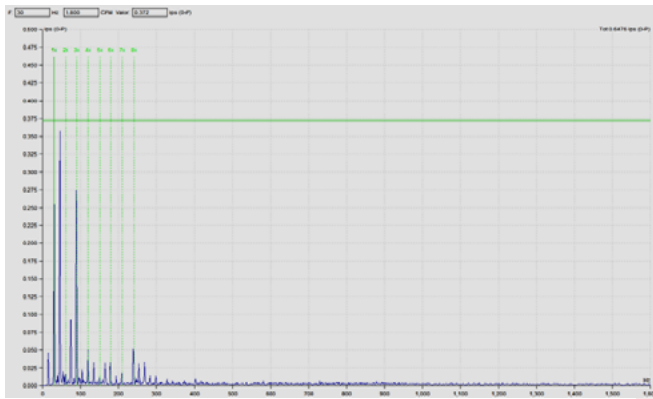


Espectro de vibración, valor global, 0,12 ips (0-Pk)

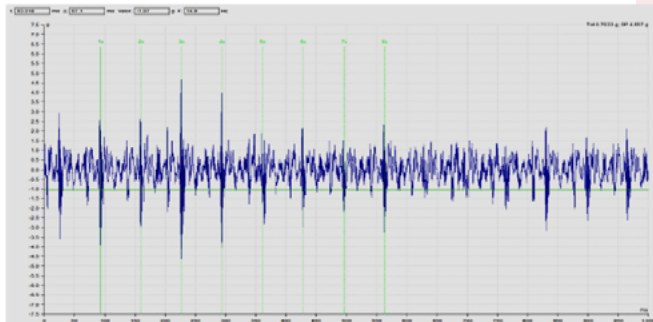


Forma de onda de vibración, valor global, 0,26 G's (Rms)

Segunda etapa Holgura Rotativa



Espectro de vibración, valor global, 0,64 ips (0-Pk)



Forma de onda de aceleración, valor global, 0,70 G's (Rms)

En esta etapa la holgura rotativa ya es mas evidente, la amplitud de la vibración es mas alta y por lo tanto en el espectro de vibración se pasa de observar múltiplos de la frecuencia fundamental de rotación (1X, 2X, 3X...) a tener submúltiplos de la frecuencia fundamental de la rotación (0.5X, 1X, 1.5X, 2.0X, 2.5X). la temperatura aumenta de 70°C a 75°C.

Forma de onda de aceleración: La forma de onda de aceleración muestran impactos periódicos a 0.5T nominal de la maquina, el periodo normal de la maquina es de 0.033 Seg [1/30 Hz], y los impactos registrados corresponden a 0.066 Seg [1/15Hz], el factor de cresta ha aumentado [F.C.=4.65/0.70= 6.6, Valor ideal (1.42). así como la temperatura de 75°C a 85°C.

La tolerancia en los ajustes existe en muchos componentes, los rodamientos y chumaceras deben tener cierta holgura o pre-carga, ya que se toman en cuenta algunos factores como la temperatura y la dilatación de los componentes a la hora de desarrollar el trabajo, si no tomamos en cuenta este punto podríamos provocar un efecto contraproducente en el equipo, generando calentamientos y sobre-ajustes en los elementos rodantes.

Sin embargo el desgaste forma una de los principales modos de falla en equipos que trabajan con ajustes determinados, entre ellas flechas y manguitos de fijación, muchas veces el problema no termina sustituyendo los rodamientos o manguitos si no en recuperar diámetros de flechas que han perdido su medida inicial, o seleccionar el manguito de fijación correcto, de acuerdo a la medida del eje en la sección donde se colocara el rodamiento.



Chumacera lado libre, ventilador tipo cantiliver

Hallazgos: Dentro de lo que se pudo observar al destapar la chumacera después de un paro programado, fue que el manguito de fijación se encontraba flojo, dando como ajuste en el rodamiento (0.009”), aun así cuando se realizó el ajuste del rodamiento (apriete del manguito de fijación), la pre-carga llego unicamente a (0.005”), cuando la recomendación del fabricante según tablas es de (0.003”), esto debido al desgaste de la flecha sobre la cual se monta el manguito, lo ideal seria recuperar el diámetro de la flecha y ajustar el rodamiento a lo indicado por numero de rodamiento.

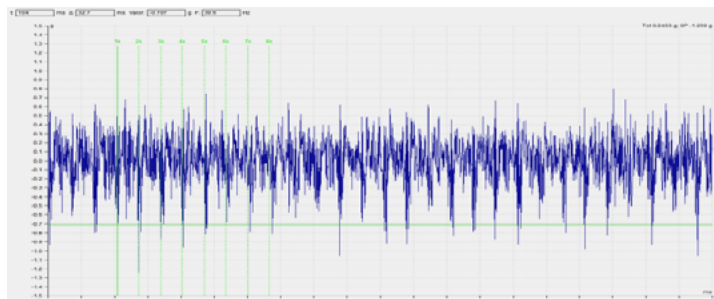
Ajustar los tornillos de fijación de la tapa de la chumacera y tornillos de fijación de la chumacera al torque recomendado nos ayudara a evitar una suma de holguras a la que ya se ha detectado.

Corrección del hallazgo, corrección del ajuste permitido



Espectro de vibraciones, 0.24 ips (O-Pk), chumacera lado libre, ventilador tipo cantiliver.

Espectro de Vibración: Una vez corregida la falta de ajuste del rodamiento, se realiza prueba en este caso el valor de la amplitud de vibración bajo de 0.62 a 0.24 ips O-Pk, y cambiando el espectro de una holgura severa a un espectro con presencia 2X.



Forma de onda de aceleracion, después de realizar ajuste, 0.24 G's (Rms)

Espectro de Aceleración: Una vez llevando el rodamiento al ajuste permitido, se puede observar que la amplitud baja, pero aun se observan picos al periodo de rotación, posiblemente la suma de otras holguras: falta de ajuste de la tapa y el rodamiento o falta de ajuste del manguito respecto a la flecha. (requiere un mantenimiento mayor programado).

Escala / pesos para los elementos: Ocurrencia de Causa (O) y Gravedad del Efecto (G)

Nunca	Raramente	Muy baja	Baja	Moderada baja	Moderada	Moderada alta	Alta	Muy alta	Siempre
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Escala / pesos para el elemento: Detección de fallo (D)

Nunca	Raramente	Muy baja	Baja	Moderada baja	Moderada	Moderada alta	Alta	Muy alta	Siempre
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Proceso o acción	Efecto de falla	G	Causa de la falla	O	Medio de detección	D	Índice de riesgo (GxOxD)
HOLGURA TIPO A	Aflojamiento de tornillos de sujeción	9	Falta de torque necesario para los tornillos de sujeción	5	Aumento de la amplitud de la vibración 1X	2	90
		9	Barreno de placa base holgado	2	Aumento de la amplitud de la vibración 1X	2	36
	Pie suave o pie cojo	9	Falta de asentamiento de la chumacera respecto a la base	5	Aumento de la amplitud de la vibración 1X	2	90
HOLGURA TIPO B	Desajuste en tapas de chumaceras	9	Desgaste en tapas de chumaceras vs pista externa del rodamiento	4	Aparición de múltiplos 1X, 2X, 3X... en espectro de vibración	3	108
	Incremento de la vibración posible golpeteo (impacto en forma de tiempo acc al periodo de rotación)	9	Desajuste interno del rodamiento	2	Aparición de múltiplos 1X, 2X, 3X... en espectro de vibración	3	54
HOLGURA TIPO C	Aflojamiento de manguito de fijación y tuerca	9	Desgaste en flecha, ajuste de manguito vs eje holgado	4	Aparición de submúltiplos 0.5X, 1.5X, 2.5X... en espectro de vibración. Impacto en forma de tiempo Acc a 1/2 periodo de rotación	3	180
	Ruido y Calentamiento	9	Frecuencia de falla de rodamiento	4	Aparición de frecuencias BPFI, BPFO, BSF FTF	3	108

Tabla: Análisis FMEA

Después de realizar el Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMEA) en referencia a las Holguras mecánicas presentadas durante el seguimiento de la evolución del hallazgo en la chumacera, teniendo referencia de los modos de falla y los efectos podemos determinar acciones propuestas para mitigar el problema, si bien el desgaste se da con la operación de la maquina, podemos determinar ciertos periodos de inspección de ajustes y parámetros técnicos para mantener la disponibilidad y confiabilidad de nuestro activo.

Falla	Tarea propuesta	Intervalo inicial			Responsable
		70%	80%	90%	
Aflojamiento de tornillos de sujeción	Ejecutar rutina de inspección de tornillería floja	117 Horas	134 Horas	151 Horas	Mecánico por turno matutino
Pie suave o pie cojo	Realizar prueba de pie suave: Aflojar perno por perno y medir con un indicador el valor de suspensión de la pata para luego calzar, sin perder la alineación	4 meses	5 meses	6 meses	Mecánico 1ra
Desajuste en tapas de chumaceras	Medir con plastigage ajuste entre tapa vs pista externa del rodamiento, en caso de no ajustar, sustituir tapa	4 meses	5 meses	6 meses	Mecánico 1ra
Aflojamiento de manguito de fijación y tuercas	Recuperar el diámetro de la flecha a medida original de instalación, o en su caso seleccionar el manguito de fijación correspondiente a la medida del diámetro del eje	1 año	1.2 años	1.4 años	Mecánico 1ra, Aparatista tornero
Ruido y Calentamiento	Planificar Cambio de rodamiento	1.12 años	1.4 años	1.6 años	Mecánico 1ra

Tabla: Tareas propuestas y acciones correctivas

BIBLIOGRAFIA:

- HOLGURA ROTATIVA Y SUS ETAPAS ANALIZADAS CON LA FORMA DE ONDA DE ACELERACIÓN
- VIBRACIONES MECANICAS
- Casos documentados en planta Vol.1

Blogdelocalidad

- <https://blogdelocalidad.com/analisis-de-modos-de-fallas-y-efectos-fmea/>

Hablemos de Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad, Seguridad y Riesgo de Activos.



Autor: Elima Anauro Rojas Monsalve

Especialista en Confiabilidad, Integridad y Riesgo. Maestro Especialista en Procesos y en la Industria Petrolera. CEO de EARM Consulting

Durante la Segunda Guerra Mundial se inicia con la estimación de las probabilidades de falla y la expectativa de vida de los distintos componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, utilizados en el desarrollo de los sistemas de defensa y la industria aeroespacial, y posteriormente en la década de los años 1970's se inicia su aplicación en otras industrias como: energéticas, producción de petróleo y gas, refinamiento de petróleo, químicas y petroquímicas a nivel mundial, llegando a formar parte integral en la gestión moderna del ciclo de vida de los activos,

es decir, en la conceptualización, diseño, construcción, arranque, operación, mantenimiento, y desincorporación de los activos involucrados en un proceso productivo.

Actualmente, la mayoría de las empresas líderes a nivel mundial, han venido combinando y unificando las actividades e incluso organizaciones de mantenimiento, confiabilidad y riesgo, para maximizar los beneficios de sus procesos productivos en todo el ciclo de vida de sus activos, a fin de mantener los activos: operativos, con alto nivel de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y seguridad, y un nivel óptimo riesgo. Para ello consideran:

- » La **confiabilidad** como “la capacidad de un equipo o sistema de realizar la función requerida bajo las condiciones indicadas (contexto operacional) dentro de un periodo de tiempo específico”
- » La **mantenibilidad** como “la capacidad de un equipo o sistema de retornar a un estado de rendimiento requerido, bajo condiciones dadas de uso y mantenimiento.
- » La **disponibilidad** como la capacidad de mantenerse en el estado de rendimiento requerido por el sistema, considerando la confiabilidad y mantenibilidad.
- » La **seguridad** debe estar presente en todo el ciclo de vida de los activos, para el adecuado desarrollo de las actividades.
- » La **gestión de riesgos** como un proceso integral que se utiliza para identificar, analizar, valorar y tratar el riesgo al tomar medidas para controlar o mitigar los riesgos.

Así mismo, la confiabilidad también puede ser aplicada al estudio del error humano, bajo la disciplina de **confiabilidad humana**, para prevenir y mitigar el impacto de este en la seguridad, calidad y productividad de una actividad a fin de optimizar la gestión de riesgos, la seguridad ocupacional y ambiental en una instalación, organización, activo o industria.

Para lograr optimizar la gestión de los activos en su ciclo de vida, es necesario **desarrollar proyectos de aplicación, pruebas piloto y formar, capacitar y entrenar el activo más importante que es el activo humano**; para que adquieran y desarrollen las herramientas, habilidades y destrezas necesarias que les permitan lograr un adecuado entendimiento de la **gestión de los activos en la cadena de valor de la operación y el mantenimiento**, haciendo uso de técnicas, metodologías y buenas prácticas en la optimización de los procesos, preservar y restaurar adecuadamente las funciones principales de los equipos asociados a los procesos productivos y considerar el riesgo que generan tanto las fallas, como las acciones de mantenimiento y la confiabilidad en el **ciclo de vida de los activos**.

El **desarrollo del capital humano** debe estar alineado al personal técnico profesional, ingenieros, coordinadores, supervisores, jefes y gerentes, que se desempeñen en las áreas de mantenimiento, confiabilidad, operación, seguridad, riesgo y otras funciones con responsabilidades en gestión de activos a distintos niveles jerárquicos de la organización.

En tal sentido, se deben **conocer**, entre otros aspectos claves, los **fundamentos y relaciones** asociadas **entre la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, seguridad y riesgo**; conocer las **fuentes de información** claves, así como, las **normas, estándares y mejores prácticas** aplicable. Así mismo, las distintas **disciplinas y metodologías** asociadas y las **etapas dentro del ciclo de vida de los activos**, en las cuales se deben o pueden aplicar.

Adicionalmente, se debe tener presente las **bases para generar recomendaciones, acciones de mejora o mitigación internas o externas**, que estén alineadas al óptimo **cumplimiento de los indicadores claves de desempeño (KPI)** de la organización o empresa y conocer los criterios y desarrollar las capacidades para **cuestionar de manera proactiva y sinérgica las pro-**

puestas de acción resultantes de actividades o servicios propios o contratadas para desarrollar y ejecutar actividades de inspección, análisis y evaluación relacionados con la optimización de la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, seguridad y riesgo.

Entre las **disciplinas** necesarias conocer, se encuentran (1) Análisis probabilístico de riesgo, (2) Gerencia de incertidumbre, (3) Ingeniería de procesos, (4) Ingeniería de mantenimiento, (5) Ingeniería de seguridad de los procesos, (6) Confiabilidad humana y (7) Gerencia de activos; mientras que entre las **metodologías** asociadas, se encuentran: (1) Análisis de criticidad, (2) Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, (3) Análisis de modos y efectos de fallas, (4) Mantenimiento centrado en confiabilidad, (5) Inspección basada en riesgo, (6) Análisis causa raíz, (7) Análisis costo-riesgo-beneficio y (8) Análisis del costo del ciclo de vida. Sin menospreciar la combinatoria de ellas para optimizar la gestión de los activos en su ciclo de vida.

Por último y no menos importante se debe tener muy presente la **confiabilidad y mantenibilidad desde el diseño**, la cual permite introducir de manera sistemática los conceptos, criterios, metas y procedimientos de confiabilidad y mantenibilidad a lo largo del ciclo de vida del activo, desde el diseño hasta su desincorporación, con el propósito de obtener la confiabilidad deseada, minimizar los costos y alcanzar la disponibilidad requerida. Su aplicación afecta la toma de decisiones a lo largo de la vida de un proyecto y ayuda a definir su desempeño a través de la identificación de los niveles de productividad, seguridad, confiabilidad y riesgo asociados.

En resumen debemos estar disponibles y prestos a desarrollar y soportar la aplicación, asesoría, acompañamiento y capacitación de los aspectos previamente tratados, para lograr en conjunto “Soluciones Maestras”.

Artículo para la Revista Predictiva21

- * **Exención de Responsabilidad:** Las recomendaciones, consejos, descripciones y métodos que en este documento se presentan son únicamente con fines educativos. El autor no asume ningún tipo de responsabilidad por cualquier pérdida o daño resultante de la utilización de cualquier parte del material presentado en este documento.
- * **Disclaimer:** The recommendations, advice, descriptions, and methods in this document are presented solely for educational purposes. The Author assumes no liability whatsoever for any loss or damage that results from the use of any of the material in this document.

Criterios ESG: Impacto en las Decisiones de Inversión en 2024

 **Autor: Leonardo Vieira**
Founder, CEO México at TRACTIAN



La creciente importancia de los criterios ESG (por sus siglas en inglés: Environmental –medioambiente– Social –sociedad– y Governance –gobernanza–) en el ámbito empresarial mexicano está marcando un hito significativo en la búsqueda de sostenibilidad y progreso económico. Profundizaremos en detalle qué son los criterios ESG, por qué son cruciales para las empresas en México y cómo están transformando las decisiones de inversión en el país en 2024.

¿Qué son los Criterios ESG y por qué son Cruciales para las Empresas en México?

Los criterios ESG se refieren a los aspectos ambientales, sociales y de gobernanza que las empresas consideran en su operación y toma de decisiones. Su relevancia radica en el hecho de que no solo impactan en la sostenibilidad a largo plazo de las empresas, sino también en su capacidad para atraer inversionistas comprometidos con prácticas empresariales responsables.

En México, la evolución de los criterios ESG ha sido notable, especialmente en la última década. La regulación cada vez más estricta y la creciente conciencia social han impulsado a las empresas a adoptar prácticas más sostenibles y transparentes, lo que a su vez ha generado un impacto significativo en la economía y en las decisiones de inversión.

Comprendiendo los Criterios ESG: Más allá de la inversión

Si bien los criterios ESG son fundamentales en el análisis y selección de inversiones, su alcance va mucho más allá. Estos criterios también influyen en la reputación de la empresa, su capacidad para atraer y retener talento, así como en su relación con la comunidad y el medio ambiente en el que opera.

Aspectos Ambientales: Compromiso con el Planeta

Las empresas que adoptan prácticas ambientales responsables no solo contribuyen a la preservación del planeta, sino que también pueden beneficiarse económicamente a través de la eficiencia energética, la reducción de costos y la mitigación de riesgos asociados con el cambio climático.

Dimensión Social: Construyendo una Sociedad Mejor

Los criterios sociales ESG abordan temas como la diversidad y la inclusión, las condiciones laborales, la seguridad en el lugar de trabajo y el compromiso con la comunidad. En México, empresas líderes están demostrando cómo el enfoque en estos aspectos puede no solo mejorar la calidad de vida de sus empleados, sino también fortalecer su posición competitiva y su reputación en el mercado.

Gobernanza Corporativa: Transparencia y Ética en la Gestión

Una buena gobernanza corporativa es esencial para garantizar la transparencia, la ética y la responsabilidad en la gestión empresarial. Las empresas que priorizan la buena gobernanza no solo ganan la confianza de los inversores y clientes, sino que también están mejor posicionadas para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades en un entorno empresarial en constante cambio.

Desafíos y Oportunidades para las Empresas Mexicanas en ESG

Si bien la adopción de criterios ESG ofrece numerosos beneficios, también presenta desafíos únicos para las empresas mexicanas. Desde la falta de conciencia y capacitación hasta la necesidad de establecer métricas de rendimiento claras, las empresas deben abordar estos desafíos de manera proactiva para aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece la integración de ESG en sus operaciones.



Criterios ESG

VENTAJAS DE APLICAR PRÁCTICAS ESG EN LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA



Integración de los Criterios ESG en la Gestión Empresarial

La integración efectiva de los criterios ESG en la estrategia empresarial requiere un enfoque holístico y un compromiso de arriba hacia abajo. Al alinear los objetivos de negocio con consideraciones ambientales, sociales y de gobernanza, las empresas pueden generar valor a largo plazo y contribuir de manera significativa al desarrollo sostenible. Algunos de los procesos que se pueden optimizar son los siguientes:

- Auditorías Energéticas Avanzadas: Energy Trac sirve como una herramienta poderosa durante las auditorías energéticas al permitir la recopilación de datos detallados y precisos sobre el consumo energético de los clientes.
- Desarrollo de Estrategias Personalizadas: Con la información proporcionada por Energy Trac, las empresas de gestión energética pueden desarrollar estrategias energéticas personalizadas y orientadas a resultados para cada cliente.

- Optimización Continua del Rendimiento: Energy Trac permite un monitoreo continuo del rendimiento energético, lo que permite a las empresas de gestión energética identificar cambios en el consumo energético y tomar medidas correctivas de manera proactiva.
- Gestión Eficiente de la Energía: La integración de Energy Trac en los servicios de gestión energética permite una gestión más eficiente y transparente de la energía. Los clientes pueden acceder fácilmente a informes detallados sobre su consumo energético y las acciones tomadas para mejorarlo, lo que les permite tomar decisiones informadas y seguir de cerca su progreso hacia sus objetivos energéticos.

Cómo Elegir una Empresa de Gestión Energética con Tecnología de Punta

Existen tendencias prometedoras en el ámbito de los criterios ESG en México. Desde un mayor enfoque en la inversión de impacto hasta la integración de tecnologías innovadoras para la medición y seguimiento de criterios ESG, el futuro parece brillante para las empresas que adoptan una mentalidad orientada hacia la sostenibilidad.

Es esencial considerar diversos factores que garanticen la selección de un socio confiable y competente.

Además de evaluar la tecnología utilizada, es fundamental tener en cuenta la experiencia y el expertise del equipo humano de la empresa, así como su historial de éxito y su capacidad para ofrecer soluciones personalizadas.

A continuación, se detallan algunos aspectos clave a considerar al tomar esta decisión:

Energy Trac aparece en el mercado de gestión energética en México como la solución más completa, ofreciendo a las empresas de este sector una herramienta poderosa para optimizar el consumo de energía, reducir costos operativos y mejorar la sostenibilidad.

Al proporcionar una visión detallada y en tiempo real del consumo energético, Energy Trac permite a las empresas adoptar un enfoque proactivo para la gestión de la energía. Esto les permite identificar áreas de mejora, anticipar posibles problemas y tomar decisiones informadas que impulsen la eficiencia operativa y reduzcan su impacto ambiental.



¿Te preocupan las multas por tu factor de potencia?

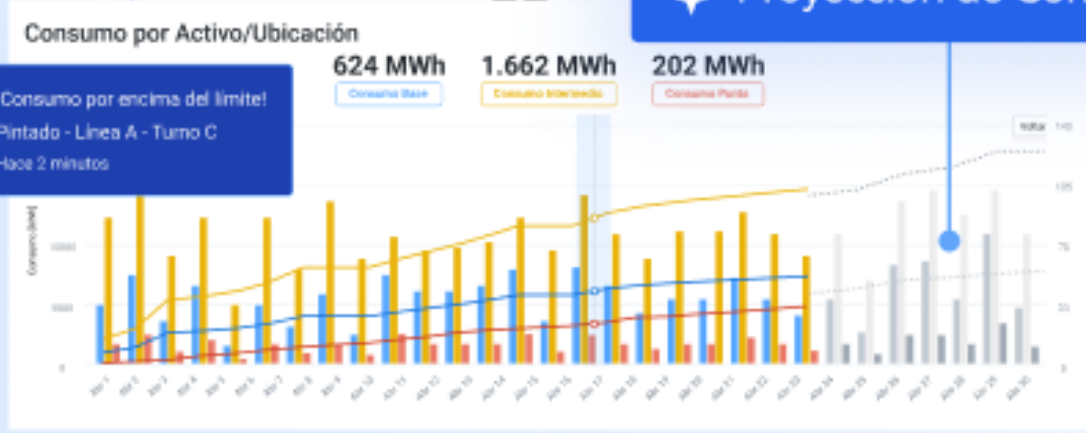
Asegura la eficiencia energética de tu planta industrial. Escanea el código y descubre cómo.



ESG



Proyección de Consumo



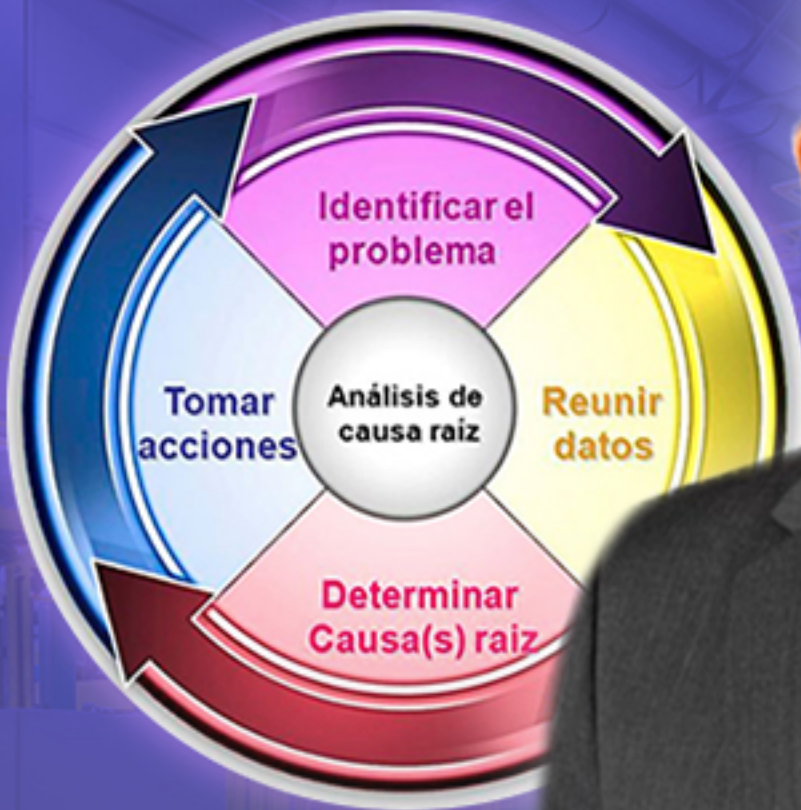
SENSOR IoT

Energy Trac

TRACTION

Mundo ACR

con Augusto Constantino



Todo lo que debe
saber y conocer del
Análisis Causa Raíz





Cómo elegir la herramienta de ACR más efectiva

Autor: Augusto Constantino

Especialista en Análisis de Causa Raíz y Resolución de Problemas Complejos

El contexto

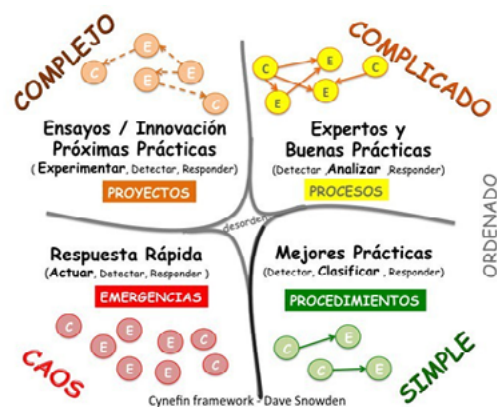
Muchas veces nos preguntamos ¿cuál es la mejor práctica para resolver los problemas? Queremos aplicar lo mejor que tenemos o conocemos para tener éxito, pero no hay una práctica mejor que otra, hay prácticas diferentes que sirven para ser aplicadas en diferentes situaciones y contextos. No obstante, podemos evaluar cuales son las que nos ofrecen las mejores características que se adapten a nuestras necesidades.

Pero en los últimos 20 o 30 años la tecnología, la gestión, las personas han evolucionado y junto a ello ha impactado en los procesos, lo que ha llevado a que la dificultad de investigar eventos también ha crecido. No es lo mismo investigar un evento ahora que antes de ese período, necesitamos mejores prácticas, más preparación de las personas y enfoques que van más allá del contexto donde se produjo el evento.

Pero antes es importante entender el contexto donde estamos parados, de donde venimos y hacia donde vamos, para ello en la columna anterior me referí al contexto y describí una alternativa de visualizar el contexto de los problemas con el conocido marco Cynefin de Dave Snowden.

Recordando algunos conceptos para poner en contexto la situación, podemos decir en los últimos 20 años los problemas evolucionaron hacia lo complejo desde lo simple y lo complicado y, en algunos casos, migrando hacia el caos, siendo que estamos viviendo en un contexto mundial de incertidumbre y aleatoriedad, debiendo tener más especialistas para investigar problemas.

El modelo Cynefin presenta una forma de visualizar los problemas siendo quizás hoy el más difundido para entender el contexto y ubicar en categorías a los problemas, comenzando desde la izquierda y abajo y en sentido de las agujas de reloj, siendo ellas: problemas simples que son los que se presentan día a día y podemos resolver con prácticas simples, después los problemas complicados donde ya necesitamos especialistas o consultores para hacer un análisis más profundo y hacia la izquierda el modelo migra hacia lo complejo que es aquello que no sabemos cómo resolver y, a diferencia de la linealidad que se presenta en las situaciones anteriores, esta se presenta como una gran telaraña con varias entradas y donde necesitamos, además de las prácticas aplicadas en los casos anteriores, otras habilidades como pensamiento crítico, innovación, creatividad y otras habilidades blandas. El cuarto sector, el caótico es aquel donde no sabemos cómo abordar los problemas más allá de tomar acciones de contención, con el objetivo que migren hacia lo complejo o medianamente conocido.



Pero el foco son los problemas simples y complicados, qué son los que se presentan en lo cotidiano y que podemos resolver con alguna práctica que conocemos muy bien, las cuales algunas de ellas serán parte de la comparación que se presenta.

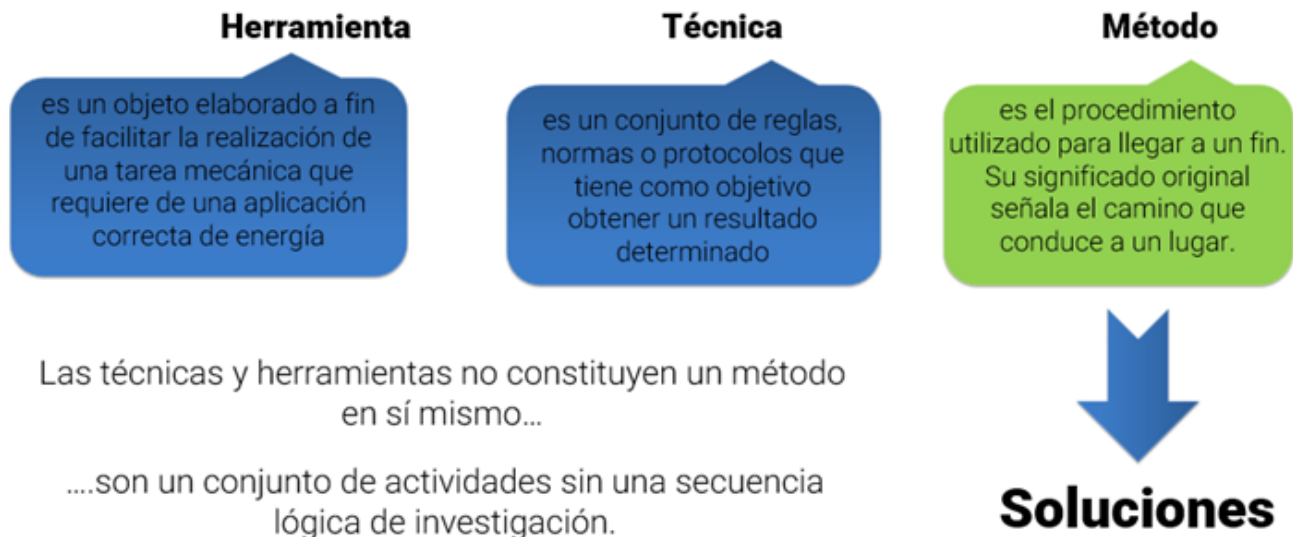


Problema Complicado
Métodos más sólidos
Consultores especialistas
Análisis profundo



Problema Simple
Prácticas simples: 5 Porque,
Espina de pescado, Árbol de causas,
Línea de tiempo

Otro tema importante para tener en cuenta es la diferencia entre herramientas, técnicas y métodos. Una herramienta es algo elaborado para un fin determinado a fin de facilitar una tarea sea mecánica o de análisis. Las herramientas es un conjunto de reglas, normas o protocolos que tiene como objetivo obtener un resultado determinado. Las técnicas y las herramientas no constituyen un proceso, son un conjunto de actividades sin una secuencia lógica de investigación. Un método es un procedimiento, es un proceso el cual necesito para resolver un problema: comienza con buscar los datos y la información y continua con el análisis para entender el problema, hacer una investigación de las causas que lo produjeron y termina con el encuentro de soluciones, para tratar de bloquear las cadenas causales y después hacer un seguimiento de la solución.



Los problemas están evolucionando y cada vez más pasan de simple a complicados, por lo tanto, se necesita tener procesos para resolverlos, es decir, tener métodos para llegar a soluciones. La utilización de herramientas o técnicas como métodos no funcionan, pero si pueden estar dentro de los métodos, formando parte del proceso.

Muy importante también es tener en cuenta que los problemas no competen solo a una persona o sector, son de la organización, por lo tanto, deben estar involucrados más de un sector. Es así como deben enfocarse en armar equipos de investigación formados por diferentes visiones del problema y esto solo es posible con personas de diferentes sectores.

Hay organizaciones que tienen Facilitadores de investigación de incidentes en forma exclusiva, dedicando todo el tiempo en investigar y resolver problemas de todo tipo, constituyendo sectores especializados y dedicados a tiempo completo.

Comparación de herramientas, técnicas y métodos.

No voy a decir cuál es la mejor práctica de ACR, sino que voy a dar el contexto en donde se pueden aplicar cada una, entonces lo que hice es seleccionar algunas para analizar y comparar y me base en algo que sé quizás se conozca poco: la Norma UNE EN 62740 de Análisis de Causa Raíz. Esta norma describe algunas prácticas, toma las más representativas las más y quizás conocidas, las que más se utilizan y hace una evaluación una comparación por aplicabilidad.

Tampoco voy a describir las herramientas técnicas y métodos que se evalúan por una cuestión de espacio, lo que se puede encontrar en la misma norma o en otros documentos, sí la mencionaré y daré una descripción corta.

No existe un criterio único para elegir una práctica, lo que se hace es elegir una práctica para aplicarla la organización en función de varias características, por ejemplo, en función de lo complejo que es el proceso en el cual se presenta el problema, no es lo mismo un proceso químico que un proceso de inyección para sacar piezas chicas y únicas. Otro criterio es en función del sector donde actúa la organización, hay prácticas que están mucho más llegadas a diferentes sectores como los sectores automotrices, tiene determinadas prácticas que son muy conocidas y que son solicitadas por los clientes. Otros sectores que tienen sus prácticas definidas son los farmacéuticos, alimentos. Energía nuclear, aeronáutica, militar.

Criterios para utilizar una práctica determinada

- ✓ No existe un criterio único para elegir una práctica.
- ✓ Puede depender del sector donde actúa la organización.
- ✓ Puede utilizarse una o varias.
- ✓ Depende de las características del evento a investigar.
- ✓ De las expectativas de las partes interesadas.
- ✓ Característica de comprensión de la práctica por las personas.

Hay 12 prácticas que están en la norma para hacer la comparación:

1. **Gráficos de eventos y factores causales (ECF):** identifica la secuencia temporal de una serie de tareas o acciones y las condiciones del entorno que conducen a un evento de foco. Estos se muestran en un diagrama de causa-efecto.
2. **Secuenciación de eventos multilineales (MES) y trazado de eventos secuenciales (STEP):** son los métodos de recopilación de datos y seguimiento para el análisis de eventos foco complejos. Los resultados se muestran como una matriz de eventos de actores temporales.
3. **El método “por qué”:** guía el análisis a través de la cadena causal haciendo la pregunta por qué un número de veces.
4. **Método del árbol de causas (CTM):** es una técnica sistemática para analizar y representar gráficamente los eventos y condiciones que contribuyeron a un evento de foco. El CTM es similar al método “por qué” en el concepto, pero construye un árbol más complejo y considera explícitamente causas técnicas, organizativas, humanas y ambientales.
5. **Análisis ¿Por qué?- porque (WBA):** establece la red de factores causales responsable de un evento principal mediante la comparación de dos factores, las pruebas de contraste de hipótesis. La red de factores se muestra en un gráfico “¿por qué? – porque”.
6. **Método de árbol de fallo y árbol éxito:** es una representación gráfica de información para ayudar al usuario a realizar un análisis deductivo que determine caminos críticos de éxito o fracaso, que se muestran gráficamente en un diagrama lógico en forma de árbol.
7. **Diagrama de espina de pescado o Ishikawa:** es una técnica que ayuda a identificar, analizar y presentar las posibles causas de un evento foco. La técnica ilustra la relación entre el evento foco y todos los factores que pueden influir en él.
8. **Seguridad a través del aprendizaje organizativo (SOL):** es una herramienta de análisis guiada por listas de verificación, orientada a eventos foco en centrales nucleares. Los resultados se presentan visualmente mediante un diagrama tiempo-actor, derivado del método MES/STEP.
9. **Árbol de supervisión de la gestión y de riesgos (MORT):** es un árbol de fallos pre-poblado con eventos, por lo general averías o descuidos, expresados en términos genéricos. El árbol MORT contiene dos ramas principales y muchas sub-ramas que proporcionan un alto nivel de detalle. Una rama principal identifica unos 130 factores específicos de control, mientras que la otra rama principal identifica más de 100 factores del sistema de gestión. El gráfico contiene también unos 30 factores del sistema de gestión adicionales comunes a las dos ramas principales del árbol.
10. **AcciMaps:** es principalmente una técnica para la visualización de los resultados de un análisis causal. Requiere un modelo organizativo que separe factores en capas y obtenga factores en las capas; aplica una versión de la prueba de contraste de hipótesis (véase WBA) para determinar las relaciones causales entre factores.

11. **TripodBeta:** es una representación en diagrama de árbol de la red causal, centrándose en factores humanos y en la búsqueda de fallos en la organización que pueden causar errores humanos.
12. **Análisis causal para modelos y procesos de accidentes teóricos de sistemas (STAMP) (CAST):** es una técnica que examina el proceso socio-técnico completo involucrado en un evento de foco. CAST documenta el proceso dinámico que lleva al evento foco incluyendo la estructura de control técnico-social, así como las limitaciones que fueron violadas en cada nivel de la estructura de control.

Los criterios utilizados para la comparación son nueve y se califican con tres niveles con un "+", un "0" y un "-", siendo el + el mejor cumplimiento del criterio, el 0 un cumplimiento medio y el - un bajo cumplimiento.

Estos criterios son los siguientes:

1. **Experiencia requerida:** ¿Está el método dirigido a los "usuarios sofisticados" (requiere el uso de técnicas que requieran una experiencia especial tales como demostración de teoremas)? ¿Es apropiado para el uso únicamente por expertos en el dominio?
2. **Soporte de herramientas:** ¿Es necesario soporte de herramientas?
3. **Escalabilidad:** ¿El método es escalable? ¿Se puede utilizar el método de forma económicamente rentable para eventos foco simples y complejos? ¿Se puede aplicar un subconjunto del método a eventos foco pequeños o menos significativos y con toda su capacidad a los grandes o significativos?

4. **Representación gráfica:** ¿Cuál es la naturaleza del método de representación gráfica?
5. **Reproductibilidad:** ¿Los resultados del método son reproductibles? ¿Diferentes analistas obtendrían resultados similares para el mismo evento enfoque?
6. **Comprobaciones de verosimilitud:** ¿Hay verificaciones de verosimilitud rápidas y razonables sobre los resultados obtenidos, que son independientes de la herramienta? ¿Qué formas hay de comprobar la "corrección" de los resultados? Un ejemplo serían las listas de verificación.
7. **Rigor intelectual:** ¿Cómo de riguroso es el método? El rigor tiene dos aspectos relevantes:
 - ¿El método tiene un significado riguroso y semántica formal, para las nociones clave del factor causal y la causa raíz? ¿Es la semántica fácil de aplicar?
 - ¿Los resultados del método son susceptibles de verificación formal (matemática)? ¿Hasta qué punto es manejable una aplicación del método?
8. **Secuencia temporal:** ¿El método contiene una representación de la secuencia temporal de los acontecimientos?
9. **Especificidad:** La medida en que el método limita el análisis a los factores causales necesarios del evento de foco en lugar de explorar una serie de problemas generales con el sistema que existían en el momento del evento foco y que puede haber contribuido.

La siguiente tabla muestra el cumplimiento de cada práctica con los criterios establecidos y así es posible comprar entre las prácticas el grado de cumplimiento.

	Gráficos de eventos y factores causales (ECF):	Secuenciación de eventos multilineales (MES) y trazado de eventos secuenciales (STEP):	El método "por qué":	Método del árbol de causas (CTM)	Análisis ¿Por qué?-porqué (WBA):	Método de árbol de fallo y árbol éxito	Diagrama de espina de pescado o Ishikawa	Seguridad a través del aprendizaje organizativo (SOL)	Árbol de supervisión de la gestión y de riesgos (MORT)	AcciMaps	TripodBeta	Análisis causal para modelos y procesos de accidentes teóricos de sistemas (STAMP) (CAST)
Experiencia requerida	0	-	+	0	0	0	+	0	+	0	-	+
Soporte de herramientas	0	0	+	0	+	0	+	-	-	0	+	+
Escalabilidad	0	0	-	+	0	0	-	+	-	0	0	+
Representación gráfica	+	+	0	+	+	+	0	0	0	+	+	0
Reproductibilidad	0	+	-	0	+	0	-	+	+	-	0	0
Comprobaciones de verosimilitud	0	0	-	0	+	0	0	+	0	0	0	0
Rigor intelectual	0	0	-	0	+	0	-	0	0	-	0	0
Secuencia temporal	+	+	-	-	0	-	-	+	-	-	0	+
Especificidad	+	+	+	+	+	0	0	0	-	0	0	+

Haciendo algunas observaciones puedo que El método porqué, la Espina de pescado, el Árbol de supervisión y el Análisis casual para modelos son los que más se pueden aplicar en forma más rápida, no se necesita personal tan entrenado.

Si se necesita algún tipo de soporte adicional el método de SOL y el MORT. La escalabilidad está muy bien en el CTM y el SOL, o sea que lo puede utilizar para diferentes tipos de problemas. La representación gráfica es buena para casi todos, pero ninguno con aspecto negativo. La reproducibilidad no es buena para El método ¿por qué?, la Espina de pescado y el AcciMaps. La verosimilitud solo está bien en WBA y el SOL. El rigor intelectual solo es bueno para WBA y negativo para el El método ¿por qué?, la Espina de pescado y el AcciMaps. La secuencia temporal es buena solo en prácticas que dependen del tiempo en su representación gráfica, como los basados en la causa y efecto. La especificidad solo es negativa en el MORT, en el resto es buena o media.

Pero es interesante ver el siguiente cuadro donde están marcados con color verde los aspectos + y con rojo los -, así es posible ver cuales cumplen con más y menos criterios.

	Gráficos de eventos y factores causales (ECF):	Secuenciación de eventos multilineales (MES) y trazado de eventos secuenciales (STEP):	El método "por qué":	Método del árbol de causas (CTM)	Análisis ¿Por qué?-porqué (WBA):	Método de árbol de fallo y árbol éxito	Diagrama de espina de pescado o Ishikawa	Seguridad a través del aprendizaje organizativo (SOL)	Árbol de supervisión de la gestión y de riesgos (MORT)	AcciMaps	TripodBeta	Análisis causal para modelos y procesos de accidentes teóricos de sistemas (STAMP) (CAST)
Experiencia requerida	0	-	+	0	0	0	+	0	+	0	-	+
Soporte de herramientas	0	0	+	0	+	0	+	-	-	0	+	+
Escalabilidad	0	0	-	+	0	0	-	+	-	0	0	+
Representación gráfica	+	+	0	+	+	+	0	0	0	+	+	0
Reproducibilidad	0	+	-	0	+	0	-	+	+	-	0	0
Comprobaciones de verosimilitud	0	0	-	0	+	0	0	+	0	0	0	0
Rigor intelectual	0	0	-	0	+	0	-	0	0	-	0	0
Secuencia temporal	+	+	-	-	0	-	-	+	-	-	0	+
Especificidad	+	+	+	+	+	0	0	0	-	0	0	+

Se puede observar que hay tres prácticas que tienen más aspectos en rojo: El método ¿por qué?, la Espina de pescado y el MORT, y que hay dos que tienen la mayor cantidad de verdes: el WBA y el STAMP CAST.

Hay un tema importante que se puede visualizar, tanto El método ¿por qué? y la Espina de pescado, quizás sean las prácticas más conocidas y utilizadas en la resolución de problemas desde hace muchos años y se siguen utilizando y van a seguir utilizándose. Pero qué pasa son lo que más criterios negativos tienen, esto es algo contradictorio, pero esto está pasando. Si esta comparación se hubiese hecho 30 o 40 años atrás esto sería diferente porque hay muchos criterios que no serían necesarios o serían menos exigible.

Pero en el entorno donde hoy estamos, representado como VUCA: complejo, volátil, impredecible y ambiguo, la necesidad de prácticas más fuertes y que soporten investigaciones de problemas complicados y aún complejos, serán necesarias y cada vez más frecuentes para aplicar.

De la misma forma la necesidad de habilidades blandas por parte de Facilitadores para investigar problemas será indispensables, teniendo en cuenta que el aspecto humano y emocional se hace cada vez más presente en las investigaciones de problemas.

Puede ver la presentación completa en la webinar "Cómo elegir la herramienta de ACR más efectiva" en el **Canal de You Tube Análisis de Causa Raíz ACR**, <https://www.youtube.com/channel/UC8xYQPPxuPsM6nU5ASVeEbg>





La Revolución de la IA en Mantenimiento: Diego Galar

¿Cómo ha influido su experiencia como Director de Investigación Tecnológica en Sisteplant en su perspectiva sobre la evolución de la tecnología en la industria?

Diego Galar - La tecnología, en su continua evolución, se ha erigido como un poderoso motor de transformación en la industria. A lo largo de la historia, ha impulsado procesos más eficientes, productos de mayor calidad y entornos laborales más seguros. Sin embargo, en esta era de innovación acelerada, es imperativo recordar que la tecnología no debe ser un fin en sí misma, sino un medio para alcanzar metas superiores. En Sisteplant, nuestro enfoque va más allá de adoptar tecnología por moda. Nos esforzamos por identificar cómo soluciones tecnológicas como CMMS, MES y sistemas basados en IA pueden potenciar de manera significativa y sostenible los procesos y productos de nuestros clientes.

Este escenario lejos de ser estático tiene una dinamicidad trepidante. De hecho, nos encontramos en el umbral de la Quinta Revolución Industrial, un hito que ha marcado el curso del progreso desde el año 2021. En esta nueva era, la tecnología no solo busca optimizar la eficiencia y la calidad, sino que también se erige como custodia de la sostenibilidad y la resiliencia. Este paradigma nos desafía a crear entornos laborales donde la sinfonía entre humanos y tecnología sea la melodía predominante, donde la protección del medio ambiente y la fortaleza de nuestros activos sean prioridades innegociables.

Ingresamos en un territorio donde la armoniosa coexistencia entre el ser humano y la tecnología no es un sueño distante, sino una realidad tangible y esencial. Es en este contexto donde nuestra misión adquiere una importancia insoslayable: forjar entornos de trabajo que actúen como ecosistemas resilientes, capaces de restaurar su funcionalidad ante adversidades imprevistas. En este escenario, la atención meticulosa al diseño de sistemas robustos y la integración de tecnologías sostenibles se convierten en pilares fundamentales.

La Quinta Revolución Industrial nos desafía a ir más allá de los límites convencionales de la innovación tecnológica y a adoptar un enfoque holístico, donde la preservación del entorno, la seguridad del trabajador y la eficiencia operativa se entrelacen en una danza armoniosa de progreso. En este viaje hacia un futuro más sostenible y resiliente, cada avance tecnológico nos acerca un paso más a la realización de esta visión compartida de un mundo industrial más seguro, eficiente y armonioso.

Este momento de transición, de la industria 4.0 a la 5.0, nos desafía a repensar nuestra relación con la tecnología y a explorar nuevas formas de innovar de manera responsable y rigurosa. En Sisteplant, estamos comprometidos a liderar este cambio, utilizando la creatividad y la excelencia científica para construir un futuro industrial más prometedor y sostenible para todos.

Entrevista por Lisset Chávez

Como Profesor de Condition Monitoring en Luleå tekniska universitet, ¿cómo integra la investigación y la enseñanza para preparar a los estudiantes para los desafíos emergentes en la monitorización de condiciones?

Diego Galar - La educación de los futuros profesionales en el ámbito del mantenimiento industrial representa un desafío para las instituciones académicas en todo el mundo. En particular, las universidades han enfrentado el reto de integrar el mantenimiento como disciplina principal en sus programas educativos, especialmente en lo que respecta al monitoreo de la condición de la maquinaria, una área crucial para evaluar la salud de los equipos industriales.

La LTU ha sido pionera en conectar la educación con la investigación en el acampo del Mantenimiento..."

La Universidad Tecnológica de Luleå (LTU), como referente en el norte de Europa, ha sido pionera en conectar la educación con la investigación en el campo del mantenimiento. A través de un grupo de investigación de renombre mundial centrado en este tema, LTU ha logrado fusionar la enseñanza con los últimos avances científicos y técnicos en mantenimiento. Esta conexión se ha facilitado gracias a una combinación de financiamiento, donde el 70% proviene de proyectos de investigación y el 30% restante de actividades educativas.

Este enfoque ha impregnado todo el espectro educativo de LTU, desde programas de grado hasta doctorados, brindando a los estudiantes la oportunidad de participar en proyectos de vanguardia financiados tanto a nivel europeo como nacional, así como directamente con empresas del sector. La presencia de profesores experimentados junto con estudiantes de todos los niveles académicos ha enriquecido los programas de manera significativa, permitiendo la incorporación de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas, la robótica y el análisis de datos en los planes de estudio.

Este modelo educativo ha dado lugar a una experiencia activa y dinámica para los estudiantes, donde tienen acceso directo a tecnologías de punta y participan activamente en proyectos de investigación de alto impacto. Como resultado, hemos visto surgir empresas emergentes lideradas por estudiantes de doctorado y máster que han aplicado los conocimientos adquiridos en el campo del mantenimiento 4.0. Para mí, como catedrático, ver cómo los estudiantes logran el éxito empresarial basado en los conocimientos adquiridos es una fuente inmensa de satisfacción, que supera incluso el orgullo generado por patentes y publicaciones académicas.

Ha escrito libros que abordan temas como la Inteligencia Artificial aplicada a la monitorización de condiciones. ¿Cómo cree que la IA está transformando este campo y cuáles son los desafíos asociados

Diego Galar - La inteligencia artificial (IA) ha transformado radicalmente el campo del mantenimiento, encontrando su primer y más destacado campo de aplicación en el monitorizado de la condición de los activos industriales. Desde antes de la era 4.0, el monitorizado ha sido pionero en el procesamiento de datos, utilizando software y hardware rudimentario para realizar complejas operaciones y transformaciones de señales de vibración, ultrasonidos y diagnóstico por imagen, con el objetivo de proporcionar servicios de monitorización de condición altamente demandados por la industria.

El machine learning, aunque no es nuevo, ha sido una herramienta valiosa en el diagnóstico y detección de anomalías. Técnicas como las redes neu-

ronales, la lógica difusa y los algoritmos genéticos han permitido automatizar tareas de diagnóstico hasta cierto punto tediosas. Sin embargo, la llegada de la era 4.0 ha democratizado el acceso a la IA en el monitorizado de la condición, gracias a la disponibilidad de hardware de adquisición de datos y procesamiento de alto rendimiento, así como a herramientas de software que simplifican el despliegue de algoritmos complejos.

Más allá del acceso generalizado a la monitorización inteligente, los servicios han evolucionado significativamente. El machine learning y la analítica avanzada permiten ahora procesar grandes cantidades de datos recopilados en campo de múltiples sensores, fusionándolos con sistemas

como los ERP o CMMS. Esto posibilita servicios de diagnóstico y pronóstico de alto valor añadido para activos complejos, subsistemas y componentes, incluyendo la detección, identificación y localización de fallos, así como la estimación de la vida útil del activo.

Avances como el Deep Learning permiten la ingesta simultánea de múltiples fuentes de datos para extraer relaciones, patrones y predicciones que no serían visibles a simple vista para un técnico. Por otro lado, la IA explicativa proporciona transparencia en el proceso de toma de decisiones automatizado, permitiendo que los técnicos comprendan el razonamiento detrás de las recomendaciones.

Recientemente, la IA generativa ha emergido como una herramienta prometedora para completar datos incompletos, generando datos sintéticos e imaginando escenarios y simulaciones donde los sensores o algoritmos pueden no tener visibilidad del fallo a monitorizar. Este avance representa un paso significativo hacia la mejora de la eficiencia y la precisión en el mantenimiento industrial, allanando el camino para un futuro de operaciones más inteligentes y predictivas.

"AI Factory Theories, Applications and Case Studies" es uno de sus libros más destacados. ¿Puede compartir un ejemplo práctico de cómo la aplicación de teorías de la fábrica inteligente ha impactado positivamente en una industria específica?

"Entre los casos de éxito más destacados, se encuentra el despliegue del "Maintenance Analytics" toolbox, [...] Esto ha permitido una evolución..."

Diego Galar - El libro AI Factory es una recopilación de los resultados prácticos obtenidos durante la ejecución de diversos proyectos pertenecientes a la familia AI Factory, como AI Factory for Mining, AI Factory for Railway, AI Factory for Construction, entre otros. Estos proyectos fueron reconocidos por la Real Academia Sueca de Ciencias de la Ingeniería como referentes en sus respectivos campos, destacándose por su enfoque práctico y por buscar la aplicabilidad directa de las tecnologías desarrolladas en lugar de quedarse en meros prototipos o demostradores de investigación.

Como resultado de estos esfuerzos, se han desarrollado "toolboxes" que permiten a los usuarios de diferentes sectores implementar estas tecnologías de manera eficiente y efectiva. Entre los casos de éxito más destacados, se encuentra el despliegue del "Maintenance Analytics" toolbox, que ofrece a los usuarios la capacidad de implementar analítica en mantenimiento desde descriptiva, como simples alarmas o warnings, hasta predictiva y prescriptiva, dependiendo del nivel de madurez de su organización. Esto ha permitido una evolución

hacia un enfoque más orientado a los datos en el mantenimiento, donde la inteligencia artificial desempeña un papel crucial como asesor.

Otro logro importante ha sido el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual y aumentada para facilitar el entrenamiento y la resolución remota de problemas por parte de equipos de mantenimiento, evitando así desplazamientos a lugares lejanos o peligrosos. Por ejemplo, la inspección de catenarias utilizando drones ha permitido recopilar información detallada y presentarla en un entorno 3D, donde los técnicos pueden inspeccionar y planificar el mantenimiento futuro de líneas, postes y equipos auxiliares.

Por último, la implementación de robótica con AI Factory ha demostrado el enorme potencial de robots cuadrúpedos, plataformas móviles y drones en la inspección y mantenimiento básico de equipos remotos y no atendidos en sectores como la minería, la construcción y el transporte. Estos casos de uso han destacado la importancia de la tecnología en la mejora de la eficiencia y la seguridad en entornos industriales.

"Prognostics and Remaining Useful Life (RUL) Estimation" es otro tema que has abordado. ¿Cuál consideras que es el avance más significativo en las técnicas de pronóstico y estimación de vida útil restante en los últimos años?

Diego Galar - En los últimos años, hemos sido testigos de avances significativos en las técnicas de pronóstico y estimación de vida útil remanente. Uno de los desarrollos más destacados ha sido la convergencia de enfoques basados en la física del fallo y la inteligencia artificial. Esta integración ha permitido superar las limitaciones individuales de cada enfoque que eran el talón de Aquiles de la prognosis por su especificidad y poca escalabilidad, y ha mejorado la precisión de las estimaciones de vida útil.

La combinación de modelos físicos, que ofrecen un profundo entendimiento del comportamiento del sistema y las formas en que falla, con técnicas de inteligencia artificial y machine learning, que son capaces de manejar grandes volúmenes de datos e identificar patrones complejos, ha sido un avance crucial. Esta sinergia entre lo físico y lo digital ha llevado a una mejora significativa en la capacidad de predecir y gestionar el rendimiento de los activos industriales.

Otro avance importante ha sido el desarrollo de modelos de gemelos digitales, que son réplicas virtuales de activos físicos. Estos modelos integran ambas tecnologías y las aplican adecuadamente, lo que permite simular diferentes escenarios operativos y predecir el comportamiento futuro del sistema. Esto proporciona una herramienta invaluable para la toma de decisiones en materia de mantenimiento y gestión de activos. De alguna forma, el gemelo digital se convierte en esa bola de cristal donde visualizo el futuro de mi activo y, por supuesto, el servicio más demandado es la prognosis del mismo o de alguna de sus partes.

En resumen, estos avances han contribuido en gran medida a mejorar la eficiencia y la fiabilidad de las estrategias de mantenimiento predictivo, lo que se traduce en un mayor tiempo de actividad de los activos y una reducción de los costos de mantenimiento a largo plazo.

¿Cuál es tu opinión sobre la relación entre la monitorización de condiciones y la sostenibilidad en las industrias modernas?

Diego Galar - Sin duda, la monitorización de la condición es un aspecto fascinante que desempeña un papel fundamental en la mejora de la sostenibilidad en nuestras industrias. Este enfoque se convierte en un vector transformador en nuestra transición hacia la industria 5.0, ya que tiene un impacto directo en varios indicadores clave de rendimiento relacionados con la sostenibilidad.

En primer lugar, la monitorización de la condición nos ayuda a optimizar el uso de los recursos al detectar de manera temprana posibles fallos o degradaciones en los equipos, lo que reduce significativamente el riesgo de paradas no planificadas y minimiza el desperdicio de materiales y energía. Esto no solo contribuye a la eficiencia operativa, sino que también reduce las emisiones no deseadas.

Además, al permitir una gestión más eficaz de los activos, la monitorización de la condición prolonga su vida útil y reduce la necesidad de reemplazos prematuros. Esto aumenta la circularidad de los activos y disminuye el impacto ambiental asociado con su fabricación y eliminación.

La implementación de prácticas de mantenimiento predictivo y preventivo facilitada por la monitorización de la condición optimiza el rendimiento de los activos y reduce intervenciones innecesariamente agresivas, lo que puede dañar partes del activo o incluso activos colindantes. Además, al mejorar la fiabilidad de los procesos industriales, se minimizan los riesgos de accidentes o incidentes, lo que contribuye a mejorar la seguridad y la satisfacción de los trabajadores, un aspecto fundamental en la era 5.0 centrada en el ser humano.

En resumen, la monitorización de la condición desempeña un papel crucial en la promoción de la sostenibilidad en las industrias modernas al contribuir a una gestión más eficiente de los recursos, una mayor fiabilidad de los procesos y una reducción del impacto ambiental. En el contexto de la industria 5.0, su integración con otros pilares como la resiliencia y la colaboración humano-máquina potencia aún más su capacidad para impulsar la sostenibilidad en el ámbito industrial.

En tu libro "Maintenance Audits Handbook", abordan un marco de medición del rendimiento. ¿Por qué es crucial para las empresas realizar auditorías de mantenimiento y cómo puede beneficiarles este enfoque?

Diego Galar - Medir es una parte esencial de todo proceso de mejora, y eso aplica a cosas que son fáciles de medir y otras que no lo son tanto. El mantenimiento es una de esas áreas no tan obvias a la hora de medir, ya que es una función muy polidráulica y tiene muchas facetas, siendo necesario medir todas ellas. Podemos medir el mantenimiento como proveedor de disponibilidad de máquina, como creador de valor económico, como preservador de la salud e integridad de activos o simplemente como un departamento en la organización con unos recursos humanos y materiales que deberán estar correctamente dimensionados.

Todo ello conduce a una cierta complejidad en la medición del rendimiento de esta función. En el libro "Maintenance Audits Handbook", se aborda un marco de medición del rendimiento que considero válido y relevante para las empresas por varias razones. En primer lugar, las auditorías de mantenimiento permiten evaluar de manera sistemática y objetiva la eficacia de las prácticas de mantenimiento de una organización. Esto es fundamental para identificar áreas de mejora y optimizar los procesos de mantenimiento para garantizar la fiabilidad y disponibilidad de los activos.

Una auditoría no es una acción aislada, sino que se deberá realizar con una periodicidad concreta y siempre de la misma forma y en las mismas condiciones para disponer de una trazabilidad y repetitividad de los resultados que permita la toma de decisiones basada en tendencias.

Además, las auditorías de mantenimiento proporcionan una visión holística de la gestión de activos de una empresa, lo que permite una mejor toma de decisiones a nivel estratégico, táctico u

operacional. Al medir y evaluar el rendimiento del mantenimiento en todos sus niveles jerárquicos, las empresas pueden identificar tendencias, patrones y áreas de riesgo, lo que les permite anticipar problemas y tomar medidas correctivas antes de que se conviertan en problemas importantes.

Otro beneficio importante de las auditorías de mantenimiento es su capacidad para fomentar la mejora continua, es por ello que se consideran piezas necesarias en la implantación de la ISO 55000 sobre gestión de activos, donde la medición del rendimiento del mantenimiento es crucial para ulteriores mejoras en el típico círculo de mejora continua PDCA. Al establecer métricas de rendimiento claras y objetivas, con un benchmarking contrastado y veraz, las organizaciones pueden establecer metas y objetivos de mejora y realizar un seguimiento de su progreso a lo largo del tiempo. Esto crea un ciclo de retroalimentación positiva que impulsa la innovación y el crecimiento dentro de la empresa.

En resumen, las auditorías de mantenimiento son cruciales para las empresas porque proporcionan una herramienta invaluable para evaluar, mejorar y optimizar no solo las prácticas de mantenimiento, sino que van más allá de la operativa y visualizan en pro de una mejora multidimensional de la función mantenimiento. Con la adopción de este enfoque basado en el rendimiento, las organizaciones pueden garantizar la eficiencia operativa, la fiabilidad de los activos y la competitividad a largo plazo, aunque sea cierto que existen barreras muchas veces humanas de resistencia al cambio en la implantación de estos procesos de auditoría de manera adecuada.

Con la rápida evolución de la Industria 4.0, ¿cómo pueden las empresas garantizar la ciberseguridad en sus sistemas de monitorización de condiciones?

Diego Galar - Abordar la ciberseguridad en los sistemas de monitorización de condiciones en la Industria 4.0 es un tema candente y absolutamente crucial para las empresas hoy en día. Con la rápida evolución tecnológica y la creciente interconexión de nuestros sistemas, mantener la seguridad de nuestros datos es una prioridad indiscutible. Máxime teniendo en cuenta que los sistemas de monitorizado recogen y procesan datos de salud de máquina tan sensibles como la salud del motor de un avión o los sistemas de refrigeración de un reactor nuclear. Obviamente, estos datos en las manos incorrectas pueden dañar la imagen de una empresa o aprovechar vulnerabilidades en activos para provocar su caída, apagón o cese en la función que están desarrollando. Por todo ello, los datos de monitorizado son muy sensibles.

Una de las primeras líneas de defensa es la concienciación y formación de nuestro personal. Es esencial que todos estén al tanto de las últimas amenazas cibernéticas y sepan cómo identificar posibles ataques. Después de todo, somos tan fuertes como nuestro eslabón más débil, y la capacitación adecuada puede ser nuestra mejor arma contra los hackers.

El problema en el monitorizado tiene dos vertientes. Por un lado, está la capa OT cercana al activo, donde se instala el sensor y se conecta al elemento que recoge los datos. Este punto es ciertamente débil porque gente malintencionada puede aproximarse al sensor y manipularlo. Es crucial que la sensorica con modelos Edge disponga de detección de anomalías sofisticadas que permitan identificar intrusiones realizadas en campo. En este caso, la monitorización continua es clave. Con herramientas adecuadas, podemos detectar y responder rápidamente a cualquier actividad sospechosa en nuestros sistemas de monitorización de condiciones, antes de que cause un daño significativo.

Por otro lado, está la capa IT, es decir, el dato en los sistemas de información. Una vez que el dato circula en red, estamos ante una ciberseguridad más tradicional. Debemos asegurarnos de que nuestras redes estén fortificadas con las últimas medidas de seguridad, como firewalls y sistemas de detección de intrusiones. Mantener nuestros sistemas y software actualizados con los últimos parches de seguridad también es fundamental para cerrar las puertas a posibles explotaciones.

Por supuesto, no podemos olvidarnos de la importancia de segmentar nuestra red y restringir el acceso solo a usuarios autorizados. Esto limita el alcance de cualquier ataque en caso de que se produzca una violación de seguridad. De hecho, durante muchos años las lecturas de sensores no se han considerado material sensible y casi cualquier persona en la empresa podía acceder a diagnósticos y pronósticos. Entramos en una era donde el dato de monitorizado es como el informe médico de nuestro doctor, totalmente confidencial y restringido a las personas que tengan que acceder y trabajar con él.

Y por último, pero no menos importante, el cifrado de datos es esencial para proteger la integridad y confidencialidad de nuestra información. Al cifrar los datos transmitidos entre dispositivos y sistemas centrales, podemos mantenernos un paso por delante de los posibles intrusos. Por ello, blockchain y otras técnicas que verifican que el dato es enviado y recibido por quien debe, están teniendo un éxito sin parangón en el mundo del monitorizado, garantizando y securizando toda la cadena de medida.

En resumen, abordar la ciberseguridad en nuestros sistemas de monitorización de condiciones es una tarea multifacética que requiere una combinación de concienciación, tecnología y buenas prácticas. Pero con el enfoque adecuado y las medidas de seguridad adecuadas, podemos proteger nuestros activos críticos y garantizar la continuidad de nuestras operaciones en la era digital.

¿Cuál cree que es el papel de las herramientas de toma de decisiones impulsadas por la inteligencia artificial en la monitorización de condiciones y el mantenimiento predictivo?

Diego Galar - El papel de la inteligencia artificial (IA) como habilitador para la toma de decisiones en este campo es emocionante. Soñábamos con escenarios donde las máquinas no solo estaban ejecutando tareas, sino que también estaban aprendiendo y tomando decisiones por sí mismas. Esto es exactamente lo que las herramientas de inteligencia artificial nos permiten lograr en el campo del mantenimiento industrial. Es como tener un equipo de superdetectives que examinan constantemente los datos en busca de cualquier señal de que algo pueda estar a punto de salir mal.

"Herramientas de IA [...] pueden predecir cuándo es probable que una máquina falle..."

Otra analogía que podemos usar es la de la bola de cristal o el espejo mágico. Estas herramientas de IA actúan como eso, pero en el mundo real. Pueden predecir cuándo es probable que una máquina falle, incluso antes de que muestre signos evidentes de problemas. Esto nos permite intervenir antes de que los problemas reales ocurran, evitando costosos tiempos de inactividad y reparaciones urgentes.

Pero eso no es todo. Estas herramientas también nos ayudan a optimizar nuestros recursos. Al predecir cuándo se necesitará mantenimiento, podemos programarlo de manera inteligente, evitando el exceso de mantenimiento que podría resultar costoso. También podemos garantizar que nuestros equipos estén

en óptimas condiciones de funcionamiento, optimizando la disponibilidad de repuestos y la logística. Asimismo, podemos optimizar la plantilla de mantenimiento, asegurándonos de contar con las personas adecuadas con las habilidades necesarias en cada ocasión, en lugar de reaccionar de manera reactiva ante urgencias que pueden generar gastos superfluos.

Otra forma interesante de visualizarlo es pensar en la IA como un entrenador personal para nuestras máquinas. Nos dice exactamente cuándo necesitan atención para mantenerse en forma y funcionando al máximo rendimiento. Recomienda las operaciones y el mantenimiento necesarios para asegurar su salud integral.

En resumen, estas herramientas de inteligencia artificial son increíblemente útiles y están cambiando la forma en que mantenemos nuestras operaciones en funcionamiento. Son como nuestros propios "detectives del mantenimiento", asegurándose de que todo funcione sin problemas y de manera eficiente. ¡Es una emocionante nueva era para el mantenimiento!

¿Cómo ve el futuro de la Industria 4.0 y su impacto en la monitorización de condiciones? ¿Hay alguna tendencia emergente que consideres especialmente relevante?

Diego Galar - La Industria 4.0 está impulsando una revolución en la gestión de operaciones empresariales al integrar tecnologías como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT) y la robótica autónoma. Esta integración permite una mayor automatización, eficiencia y capacidad de respuesta en los procesos de fabricación y producción.

En lo que respecta a la monitorización de condiciones, la Industria 4.0 ha facilitado una recopilación de datos más exhaustiva y en tiempo real de los equipos y activos industriales. Esto significa que las empresas pueden monitorear y analizar continuamente el estado de sus equipos para detectar cualquier anomalía o tendencia que pueda indicar un posible fallo. De hecho, esta monitorización continua ha evolucionado en dos vertientes: por un lado, el desarrollo de nuevos sensores que abarcan la mayoría de las manifestaciones físicas de los fallos para una detección y seguimiento tempranos, y por otro lado, una reducción considerable en el costo de la tecnología de adquisición, lo que ha permitido democratizar la monitorización y desplegar sensores en activos para los cuales no era rentable en el pasado. Todo esto ha conducido a un aumento en la dimensionalidad de los datos recopilados y a una mayor capacidad para procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, lo que facilita una toma de decisiones más rápida y precisa en cuanto a la planificación del mantenimiento y la optimización de los procesos.

En pocas palabras, la Industria 4.0 en el ámbito del monitorizado es la revolución del dato. La cantidad de datos recopilados de diversas fuentes y en diferentes formatos está creando casi un espejo digital de nuestros activos. Esta tendencia ha dado lugar al surgimiento de una de las tendencias más transformadoras en la industria: el uso de gemelos digitales en la monitorización de condiciones. Un gemelo digital es una réplica virtual en tiempo real de un activo físico o de un proceso. Al combinar datos del mundo real con modelos digitales, las empresas pueden simular diferentes escenarios y predecir el comportamiento futuro de los activos, lo que facilita la toma de decisiones informadas en cuanto al mantenimiento y la operación de los equipos. Además, el gemelo digital va más allá de su propia ontología y puede relacionarse con otros gemelos en un metaverso, lo que permite una toma de decisiones de mantenimiento más holística que considera la operativa o la salud de activos adyacentes o similares.

En resumen, la Industria 4.0 ha transformado el ámbito del monitorizado, y la tendencia emergente de los gemelos digitales ofrece nuevas oportunidades para optimizar el mantenimiento y la operación de los activos industriales, lo que impulsará aún más la transformación digital en la industria.

Ha estado activo en la investigación y la práctica durante varias décadas. ¿Cuál ha sido el logro más gratificante en tu carrera hasta ahora?

Diego Galar - Trabajar durante más de 25 años en el campo del mantenimiento, con un enfoque particular en el monitoreo de la condición y el mantenimiento predictivo, ha sido una experiencia verdaderamente gratificante. Durante este tiempo, he tenido el privilegio de ser pionero en tres áreas que han marcado un cambio significativo en la industria.

En primer lugar, desarrollé los primeros prototipos de lo que posteriormente se denominó Mantenimiento Basado en el Contexto (Context Driven Maintenance). Esta innovación permitió el monitoreo en contextos cambiantes a través de la detección, reconocimiento y adaptación al entorno que rodea al activo, lo que convirtió los sistemas de monitoreo en mucho más robustos en entornos dinámicos.

En segundo lugar, hace más de una década, pude desarrollar los primeros Modelos Híbridos para la prognosis, que fueron el germen de muchos gemelos digitales desplegados hoy en día. Estos modelos combinaban datos sintéticos producidos por modelos físicos con modelos basados en datos recopilados en el campo. Esta hibridación eliminó el famoso fenómeno del cisne negro, que surge debido a la aparición de eventos catastróficos y desconocidos debido a conjuntos de datos incompletos, y mejoró significativamente la precisión de las predicciones.

Por último, tuve el placer de desarrollar los primeros prototipos de rodamientos inteligentes o SMART bearings al inicio de la era 4.0. Este desarrollo de componentes, como los rodamientos instrumentados, interconectados e inteligentes, me permitió lograr resultados fantásticos en sectores como la defensa, el marítimo y el ferroviario, siendo los precursores del IoT industrial, con plataformas conectadas en un amplio concepto de Mantenimiento como Servicio (MaaS).

Estos logros han sido una fuente de gran satisfacción laboral para mí a lo largo de los años. Además, el reconocimiento recibido a través de premios y galardones otorgados por organizaciones internacionales relacionadas con el mantenimiento y el monitoreo de la condición ha sido un honor y una confirmación del impacto positivo de mi trabajo en la industria. Estoy emocionado de seguir contribuyendo al avance de este campo apasionante en el futuro.

Dada su amplia experiencia y conocimiento en el campo, ¿hay algún consejo que desee compartir con los profesionales emergentes interesados en la monitorización de condiciones y la Industria 4.0?

Diego Galar - Los profesionales del monitorizado de la condición somos, de hecho, los doctores de las máquinas, y asumimos una responsabilidad inmensa en nuestro trabajo. Al igual que los médicos, debemos aprender la sintomatología del fallo, cómo se manifiesta y qué sensores pueden ayudarnos a detectarlo antes y con mayor certidumbre. Nos sumergimos en el estudio de la causa del fallo, realizando profundas investigaciones en los datos recogidos en campo, los datos del fabricante y los eventos acontecidos en la vida del activo, de manera similar a como se analizaría el historial médico de un paciente. Y, por último, recetamos la mejor medicina para nuestros activos, implementando acciones a través de los departamentos de mantenimiento para mitigar o corregir el defecto que se ha manifestado.

Al igual que la medicina ha avanzado desde los tiempos de Galeno, el monitorizado de la condi-

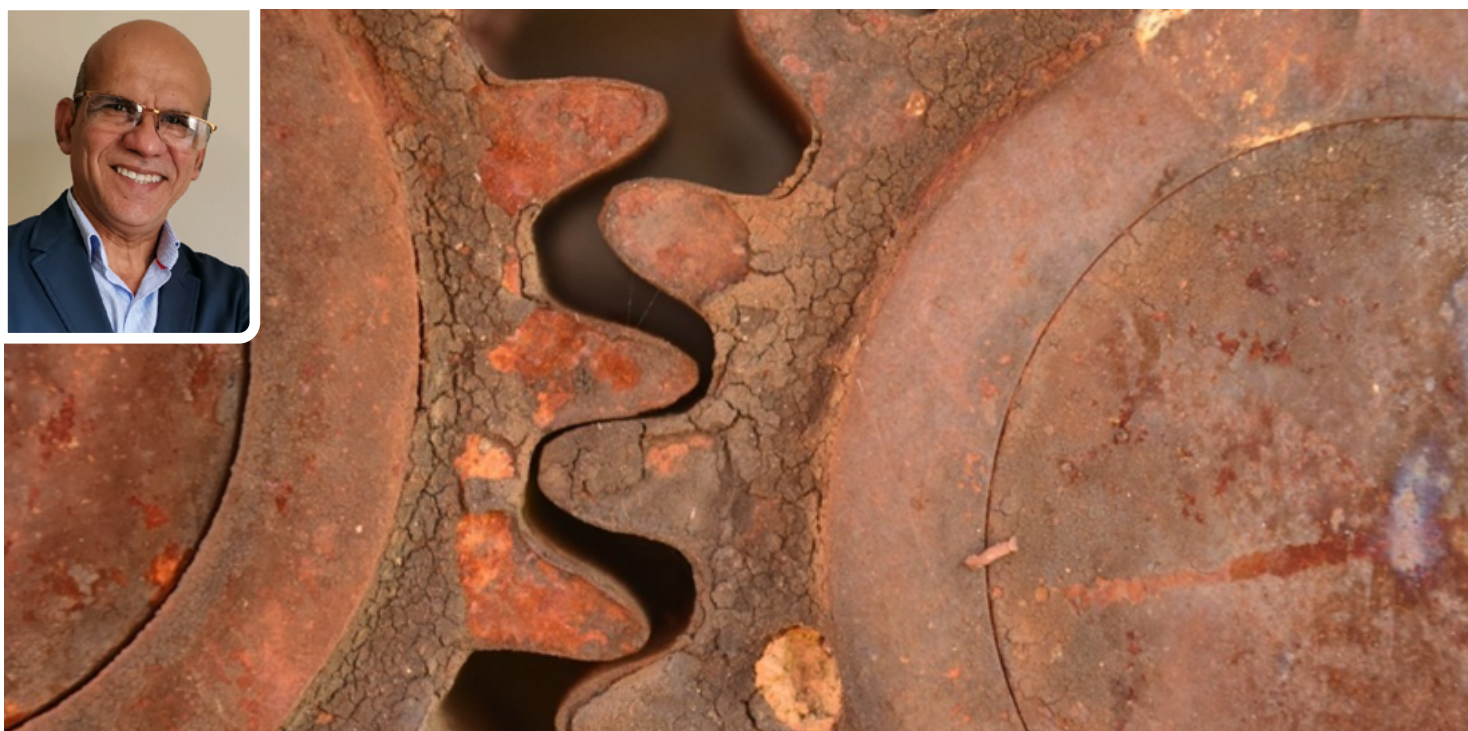
ción ha progresado en método y tecnología que lo acompaña. Hoy en día, disponemos de sensores baratos que permiten una detección más eficaz a un costo menor, inteligencia artificial que nos sirve como consejero silencioso al analizar complejidades que escapan a nuestro control, y acceso a información como estándares o incluso modelos ya entrenados de monitoreo en activos similares para la detección del fallo.

Por todo ello, nunca ha sido tan apasionante el oficio del monitorizado de la condición, donde la tecnología de detección y diagnosis ha progresado hasta niveles nunca soñados, con un acceso a información de manera casi instantánea que nadie había tenido antes. Animo a todos los profesionales a formarse en esta disciplina, poliédrica y multidimensional, a la vez que atractiva y rigurosa, que contribuye enormemente a la sociedad evitando que las máquinas de este mundo se detengan.

La Satanización del Mantenimiento Correctivo

 Autor: Robinson José Medina Nuñez

Líder de proyectos de mejora de proactividad para Latinoamérica - IME Industry Maintenance Engineering



Introducción

La demonización o satanización es la técnica retórica e ideológica de desinformación o alteración de hechos y descripciones que consiste tal y como lo define la RAE en: "Atribuir a alguien o algo cualidades o intenciones en extremo perversas o diabólicas".

Cuando se habla de mantenimiento correctivo, generalmente nos trasladamos al concepto de ineficiencia, pensamos en organizaciones reactivas, altos impactos en producción, accidentes catastróficos con daños al ambiente o a la seguridad o pérdidas económicas, entre otros pensamientos negativos, sin embargo analizando la simple lógica y transformando la falla de un activo en el riesgo que pueda representar para el negocio mediante el análisis de probabilidad de falla y sus consecuencias financieras (Impacto en seguridad + impacto ambiental + impacto en costos de restitución + impacto en producción diferida), significa que cada falla que se presenta en nuestros activos, ya tiene un impacto establecido en cuanto riesgo se refiere, esto según la regla de Pareto la cual nos propone que existe un 20% de

los equipos que encierran el 80% del riesgo o visto desde otra perspectiva existen un 80% de los equipos que encierran el 20% del riesgo total.

De acuerdo con lo anteriormente planteado y tomando en cuenta que el máximo aprovechamiento de un activo se logra llevándolo a la falla, que es donde realmente utilizamos el 100% de la vida útil del componente, desde mi apreciación personal existen tres puntos de vistas que debemos analizar si queremos aportar valor desde la perspectiva del mantenimiento correctivo:

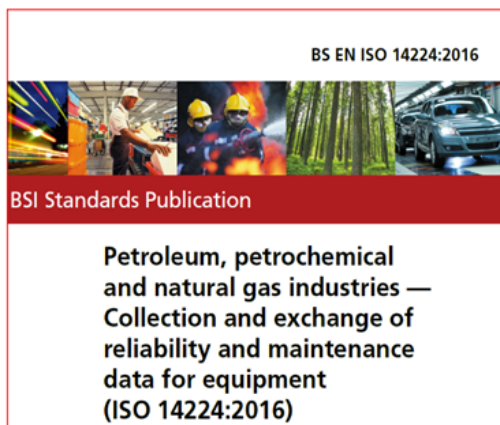
1. De acuerdo con la regla de Pareto, es necesario que identifiquemos ese 80% de equipos que encierran el 20% del riesgo restante, no los olvidemos o dejemos de estudiar, porque identificándolos claramente podemos justificar el direccionamiento de los recursos hacia quienes realmente lo necesitan, apoyados en el análisis del riesgo que representan.
2. La lógica nos dice que no tenemos recursos económicos suficientes para atender bajo la misma eficiencia de cero fallas al 100% de los activos.

3. Cuando un equipo se deja fallar, estamos aprovechando al máximo su vida útil, lo que se refleja en beneficios económicos a la organización.

Dichas premisas nos conducen a la necesidad de redireccionar recursos hacia donde realmente nos duele y entender que existen un alto número de activos que por no tener consecuencias o porque sus consecuencias de fallas pueden ser tolerables, podemos dejarlos fallar, obteniendo con esto el beneficio del máximo aprovechamiento de la vida útil de un gran porcentaje de activos.

La Normativa Internacional vs el Mantenimiento Correctivo

Cuando analizamos la normativa internacional vigente podemos encontrarnos sorpresas, en cuanto a los criterios de tolerancia hacia la política dejar fallar, mantenimiento correctivo, o run to failure como generalmente también se conoce, lo cierto es que en la gran mayoría de los casos debido a la mala imagen que esta palabra tiene, desconocemos que es una política de manejo de falla válida y recomendada por la normativa internacional vigente, esto simplemente obedece a que tenemos una imagen preformada de que el mantenimiento correctivo es sinónimo de altos impactos en producción, accidentes catastróficos con daños al ambiente o a la seguridad, pérdidas económicas, entre otros pensamientos negativos, ¿pero realmente esto cierto?



Veamos lo que proponen algunos estándares importantes sobre la política dejar falla :

El estándar **ISO 14224 RECOLECCIÓN E INTERCAMBIO DE DATOS DE CONFIABILIDAD Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS**, uno de los estándares más usados y respetados en el mundo de los ingenieros de confiabilidad y mantenimiento nos establece que existen dos categorías básicas de mantenimiento:

1. Aquellas que se realizan para prevenir que un ítem caiga en estado de falla (mantenimiento Preventivo)
2. Aquellas que se realizan para corregir un ítem después de la falla (mantenimiento correctivo)

Es decir que definitivamente el correctivo es una categoría de mantenimiento válida, considerada en la normativa internacional, ya que como su nombre lo indica es efectuar la acción de mantenimiento post falla, y al mismo tiempo establece que puede ser inmediato o diferido. Dejando entrever claramente que así como a nivel de nuestra salud, existen dos tipos de colesterol el LDL, o lipoproteínas de baja densidad, es llamado a veces colesterol “malo”. Y el HDL, o lipoproteínas de alta densidad, es llamado a veces colesterol “bueno”, haciendo un símil podemos decir que existen dos tipos de mantenimiento correctivo, el correctivo planificado que se consideraría el bueno y el correctivo de emergencia el que debemos evitar sería el malo.

A continuación podemos constatar esto en la figura 6 categorías de mantenimiento en la página 50 del estándar ISO 14224.2016

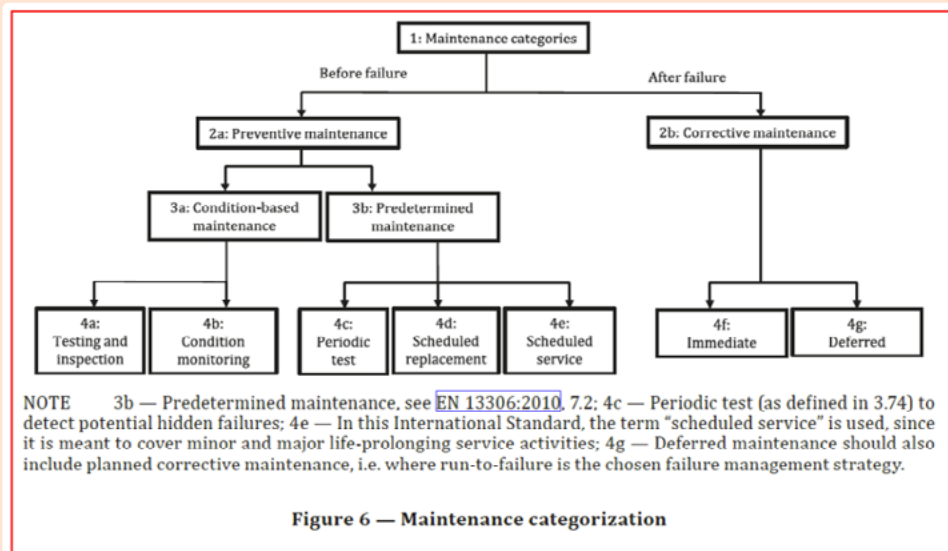


Imagen tomada del standard ISO 14224 Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (ISO 14224:2016)



El documento asociado a las mejores prácticas de mantenimiento y confiabilidad propuestas por la SMRP (Society for Maintenance & Reliability Professionals), en su documento BEST PRACTICES 6th EDICION 2020, específicamente las mejores prácticas asociadas al pilar 5 GERENCIA DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO, establece por consenso entre el estándar Europeo UNE EN 15341 y la SMRP que el 55% del tiempo de la organización de mantenimiento debería estar dedicado a las actividades de mantenimiento correctivo, dando un margen del 50% a actividades correctivas planificadas que provienen de los programas de mantenimiento basado en condición más las que provienen en si de fallas no críticas asociadas a equipos de bajo nivel de riesgo y que fueron definidas en función del nivel de tolerancia al riesgo de la organización.

* Imagen tomada del del documento mejores prácticas de la SMRP, edición 2020, página 118.

Es importante resaltar que nunca tendremos control sobre el 100% de las fallas que ocurrirán, siempre habrá fallas de impactos superiores a los permitidos, que ameritarán reacción inmediata de la organización de mantenimiento, denominadas actividades de emergencia o respuesta inmediata, tomando en cuenta lo anteriormente planteado, El documento Best practices estableció como mejor practica que

alrededor del 5% de las actividades correctivas de la organización de mantenimiento deberán estar asociadas a correctivo no programado o de emergencia, esto solo será posible si y solo si contamos con un programa de mantenimiento basado en condición poderoso, bien definido y con recursos asignados, que permita disminuir al máximo la incertidumbre sobre la condición de los activos.

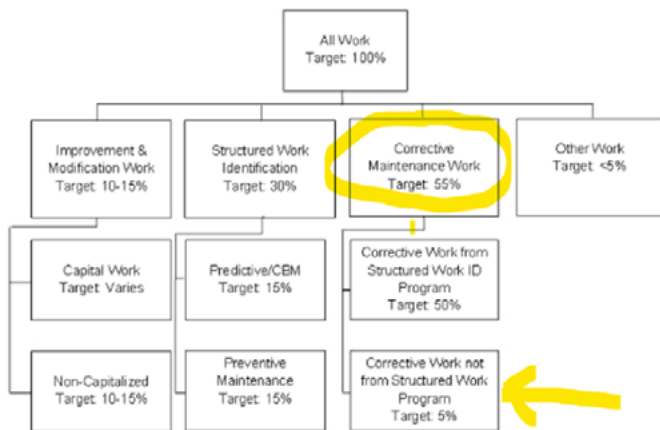
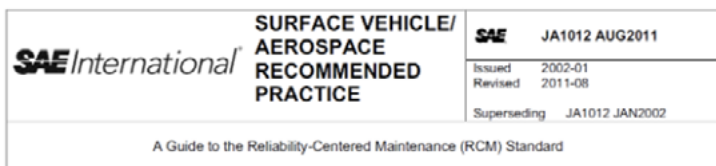


Figure 1. Maintenance Work Types

Imagen tomada del del documento mejores prácticas de la SMRP, edición 2020, página 118



El tercer estándar que traigo a colación es la SAE JA 1012, este estándar nos plantea los criterios que debe tener la práctica del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), por lo que su cumplimiento define lo que es un RCM o no, muy pocos profesionales conocen que operar hasta la falla es una política de mantenimiento válida, de acuerdo con este estándar, quien nos plantea la existencia de 4 políticas válidas, dejar fallar es una de cuatro opciones:



Imagen adaptada por assetconsulting crc del estándar SAE JA 1012

El estándar SAE JA 1012, establece que cualquier política de dejar fallar que se seleccione deberá satisfacer los siguientes criterios:

- “En los casos en que la falla esté oculta y no haya una tarea programada apropiada, la falla múltiple asociada NO deberá tener consecuencias para la seguridad o el medio ambiente o el negocio”.
- “En los casos en que la falla sea evidente y no haya una tarea programada apropiada, el modo de falla asociado NO debe tener consecuencias para la seguridad o el medio ambiente o el negocio”.
- “Cuando NO se puede encontrar una tarea proactiva rentable para fallas con consecuencias operativas o no operativas”.

Conclusiones

Se ha podido validar por tres estándares diferentes y reconocidos a nivel mundial, que dejar fallar es una política de mantenimiento válida, que debemos reconocer como tal y que debe considerarse su aplicación para que el mantenimiento pueda ser económicamente viable.

La aplicación de esta política de dejar fallar un activo, parte de tener claro el concepto de tolerancia al riesgo de falla, por esa razón debemos poder transformar en unidades monetarias los impactos de la falla y en base a ellos establecer el nivel de riesgo o pérdidas que estamos dispuestos a aceptar.

Los estándares ISO 14224, SAE JA 1012 y el documento BEST PRACTICES de la SMRP nos han mostrado los criterios asociados a las mejores prácticas en el área de mantenimiento y confiabilidad, donde se habla que un 50% del trabajo diario asociado actividades de la organización de mantenimiento debe estar dedicado a actividades de mantenimiento correctivo programado, considerando entonces que un gran porcentaje de estas actividades provienen de los resultados del mantenimiento basado en condición y del análisis del impacto aceptado por la falla que se estableció en el nivel de tolerancia al riesgo de la organización.

Cuando analizamos el concepto de gestión de activos propuesto por el estándar ISO 55000, nos damos cuenta de que existen muchas oportunidades de generar valor o evitar destruirlo, cuando aplicamos adecuadamente la política dejar fallar podemos estar aportando mucho valor a nuestro negocio, por lo que debemos dejar de satanizarla y entender claramente que es una política tan válida como cualquier otra.

Bibliografía

- MAINTENANCE & RELIABILITY BODY OF KNOWLEDGE. SMRP BEST PRACTICES 6ta Edición. 2009-2020
- ISO 14224. Collection of reliability and maintenance data for equipment. 2016
- SAE JA1011: Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. 2011
- SAE JA1012: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. 2011

INDUSTRIAS ESENCIALES

SOLUCIONES ADAPTATIVAS DE MANTENIMIENTO

MAXIMIZA LA FIABILIDAD CON PRAGMA RELIABILITY

En Pragma Reliability, nos especializamos en soluciones de mantenimiento que previenen interrupciones y mejoran la eficiencia operativa. Nuestras estrategias están diseñadas para adaptarse a las necesidades únicas de cada industria, ofreciendo desde Mantenimiento Predictivo hasta Optimización de Mantenimiento Preventivo. Las industrias a las que servimos incluyen petróleo y gas, manufactura, minería, agricultura, alimentos y bebidas, farmacéutica y química. Maximiza la operatividad con nuestros servicios de consultoría en:

- Mantenimiento Predictivo (PM)
- Desarrollo de estrategias de mantenimiento
- Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (FMEA)
- Optimización del Mantenimiento Preventivo (PMO)
- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)
- Análisis de Causa Raíz (RCA)
- Transformación digital IIoT e i4.0
- Auditoría de sitio de lubricación
- Externalización de análisis de aceites
- Auditoría ISO 55000

En Pragma Reliability nos enfocamos en maximizar tu retorno de inversión mediante la aplicación de mejores prácticas en gestión de mantenimiento. ¡Llámanos hoy para una consulta!

¿PREGUNTAS? CONTÁCTANOS
service@pragmatool.com



Mantenimiento: ¿Costos, gastos o inversión?



Autor: José Contreras Márquez

Global certified instructor en ASME (The American Society of Mechanical Engineers)
Director de mantenimientoeeficiente.com

El papel del mantenimiento es importante y seguirá creciendo. Esto requiere una mayor conciencia de los costos, y los tomadores de decisiones deben considerar la producción de valor a lo largo de todo el ciclo de vida de sus activos.

En general, se puede decir que, para cualquier organización, mantenimiento representa un gasto de fabricación, pero dentro del departamento de mantenimiento, ese gasto, se puede subdividir en costos y gastos de mantenimiento. Los costos de mantenimiento se refieren al dinero utilizado para ejecutar los trabajos y los gastos de mantenimiento se refieren al dinero utilizado para mantener funcionando el sistema que sustenta la gestión del mantenimiento.

El presupuesto de mantenimiento se refiere a la parte de un presupuesto operativo que se reserva en un solo año fiscal para las actividades de mantenimiento de los activos de la organización. Es una proyección de costos basada en los costos de todos los recursos, internos y externos, necesarios para realizar todo el trabajo especificado en el plan anual de trabajo.

Mantenimiento: ¿inversión o gasto?

Los desembolsos de dinero para mantenimiento son muy variados en magnitud y variedad de objetivos. Pueden variar desde pequeños montos para reparar una avería simple hasta montos muy grandes para reemplazar un repuesto muy crítico o hacer modificaciones significativas para mejorar el desempeño de un activo importante. En la mayoría de los casos, el trabajo realizado se identifica fácilmente como mantenimiento y se trata como un gasto. Sin embargo, a veces, la naturaleza o intención del trabajo (o partes del trabajo) se extiende más allá de restaurar el activo a su condición, capacidad o función original. En estos casos, los gerentes deben decidir si el gasto se clasifica de manera más apropiada como "operacional" o como una "inversión" que aumenta el valor del activo en el que se aplica el gasto.

Tratar los egresos de dinero como gastos operacionales de mantenimiento afecta el costo de los productos de un departamento. Mientras tanto, los

gastos de capital tienen un impacto en el valor de los activos, en la depreciación y la rentabilidad de las acciones. La contabilización de los gastos en activos de manera adecuada y coherente proporcionará una indicación más precisa de los costos de producción de un departamento y el valor de sus activos.

Las normas de contabilidad definen los "gastos" como las disminuciones en los beneficios económicos durante el período contable en forma de salidas o agotamiento de activos que resultan en disminuciones en el patrimonio. El uso de los activos origina su agotamiento que justifica el mantenimiento que es una consecuencia del consumo (uso) de los activos. Como este consumo da como resultado una reducción en el valor del activo y al mismo tiempo salidas de dinero que producen disminución de los beneficios económicos, entonces el uso de los activos y el mantenimiento asociado cumplen con la definición de gasto.

Siempre se debe tener presente que el mantenimiento es el trabajo realizado sobre los activos con la finalidad de:

- Restablecer su condición física a un estándar específico.
- Prevenir un mayor deterioro o falla.
- Restaurar el funcionamiento correcto dentro de los parámetros especificados.
- Reemplazar componentes al final de su vida útil.
- Realizar reparaciones temporales por razones inmediatas de averías, seguridad y protección.
- Evaluar las condiciones físicas y operativas, para determinar los requisitos de mantenimiento.

Este trabajo entra en la categoría de gastos de mantenimiento cuando no produce una mejora del activo (es decir, simplemente conserva la capacidad de servicio original del activo).

Cuando el gasto sobre activos existentes mejora su condición más allá de su estándar de desempeño o capacidad original, es un gasto de capital (es decir, agregado al valor en libros de activos). En general, el trabajo que incluye actualizaciones, mejoras y adiciones a un activo, cae en la categoría de gastos de capital cuando da como resultado cualquiera de los siguientes:

- Aumento en la función útil o la capacidad de servicio del activo.
- Extensión de su vida útil.
- Mejora en la calidad de los servicios prestados mediante el uso del activo.
- Reducción en los costos operativos futuros.
- Actualización o mejora que se convierte en parte integral del activo.

En consecuencia, los gastos en este tipo de trabajo se pueden capitalizar cuando las tareas realizadas han aumentado la vida útil o capacidad del activo, por ejemplo, sustituir el material de la estructura original por uno más robusto o cambiar el diseño original para que un activo tenga un mejor desempeño. Como tal, el gasto en estos casos debe revisarse cuidadosamente con respecto a su categorización como gasto de capital o gasto o una combinación de ambos.

Gastos vs. costos en mantenimiento

En un departamento de mantenimiento es muy frecuente que se confunda los gastos y los costos. Lo que sí está claro es que ambos se refieren a desembolsos o erogaciones de dinero. El uso y aplicación de esos fondos es lo que los diferencia.

En mantenimiento, la diferencia entre costo y gasto es que el costo indica la inversión necesaria para producir el servicio, específicamente, ejecutar un trabajo preventivo o correctivo. El costo es una medida del consumo de recursos relacionado con los trabajos que deben ser ejecutados.

Por su parte, el gasto, para un departamento de mantenimiento, es el dinero que se utiliza para desarrollar la capacidad para realizar un trabajo. Son los desembolsos necesarios para el funcionamiento del departamento, es decir, para hacer funcionar el sistema de gestión del mantenimiento. Las cuentas de gastos más relevantes de un departamento de mantenimiento son las que permiten el desarrollo de todas las actividades soporte, como, por ejemplo, ingeniería de mantenimiento, planificación del trabajo, sistemas de información, control de gestión, etc.

Ya aclarada la diferencia entre gastos y costos, en mantenimiento los gastos pueden ser clasificados de acuerdo a muchos criterios y definir una gran diversidad de categorías de gastos, pero existe una forma poco usual de analizar los gastos que permitirá ver con mayor claridad la forma de optimizarlos. Esta forma de visualizar los gastos de mantenimiento, consiste en seleccionar la mejor alternativa de inversión para lograr la máxima eficiencia en la gestión, pero garantizando la eficacia requerida. Entonces, desde el punto de vista del objetivo que se persigue, los gastos de mantenimiento se pueden clasificar en:

- Gastos para ahorrar costos
- Gastos para evitar costos

Los gastos destinados para ahorrar y evitar costos pueden desempeñar un papel importante en la planificación del mantenimiento, la presupuestación y el apoyo a las decisiones. En mantenimiento, esta clasificación no es muy conocida, por lo tanto, es inusual. Una razón es que solo los gastos para ahorrar son los de fácil reconocimiento, pero los

otros son más difíciles de reconocer. Otro problema es que estos términos son relativos, que solo se pueden valorar cuando son comparados distintos escenarios de gestión del mantenimiento.

Los gastos para ahorrar costos son representados por la inversión realizada en un activo (tangibles o intangibles) que permiten ahorrar costos por el incremento de la eficacia y/o eficiencia en el desarrollo de una actividad. Por ejemplo, la inversión que se hace en actividades de mantenimiento predictivo que permitirán un cambio de estrategia, de mantenimiento basado en el tiempo a mantenimiento basado en la condición, aprovechando al máximo la vida útil de los repuestos. Otro ejemplo importante de este tipo de ahorros, es la implementación de los procesos de planificación y programación del trabajo que permitirá desarrollar la gestión del mantenimiento de forma mucho más eficiente.

Es relativamente fácil reconocer el beneficio de ahorrar costos mediante acciones concretas que evidentemente los disminuirá. Un ejemplo muy claro de esta situación es el cambio de las fuentes de iluminación convencionales por otras cuyo consumo de energía será menor. Por supuesto hay que considerar el impacto y costo del cambio, pero es evidente que habrá una disminución del consumo de energía eléctrica.

Por su parte, los gastos para evitar costos requieren la previa identificación de los costos que serán evitados y así poder evaluar los beneficios de las distintas alternativas para la asignación de recursos. Los costos evitados se pueden utilizar para evaluar cuestiones de gestión complejas, como los beneficios potenciales del monitoreo en línea y la interconexión.

Este tipo de desembolso también es una forma de ahorrar costos, pero la diferencia con los costos ahorrados es que se refiere al gasto aún no incurrido, que evitará algunos costos. El mayor potencial para evitar costos está en el diseño de los planes de mantenimiento preventivo, por ejemplo, la típica actividad regular del cambio de aceite, evita el costo futuro de reemplazo de piezas.

Los costos evitados se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Costos directos
- Costos indirectos
- Costos de oportunidad

Principalmente, los costos evitados influyen en los costos asociados con las alternativas de utilización de recursos, que son más fáciles de medir, analizar y comparar. Solo se incluyen los costos directamente asociados con la capacidad evitada especificada, es decir, con los costos operativos significativos necesarios para poder ejecutar una actividad operacional, tales como, costos de energía, costos de materiales y costos laborales.

Otro tipo de costos evitados son los relacionados con la ganancia perdida que se deriva de la elección de un resultado, o visto de otra forma, la maximización de los costos de oportunidad. Este concepto aplica a los gastos de capital, conocidos ampliamente como CAPEX (Capital Expenditures). Cuando las empresas invierten en cualquier proyecto, los recursos necesarios no se podrán utilizar en otra parte. Estas decisiones implican costos de oportunidad y son difíciles de tomar, porque invertir en una opción descarta oportunidades para invertir en otras. Los costos evitados son los fondos adicionales conseguidos por decidir la opción con mayor rentabilidad. Los ahorros de oportunidad pueden acumularse para los clientes, la empresa o la sociedad. Independientemente, estos ahorros constituyen recursos que pueden invertirse en otras actividades.

Los costos ahorrados y los costos evitados son términos relativos, que tienen un significado solo cuando un resultado se compara con otro. Cuando alguno de estos términos aparece en la planificación empresarial o en el apoyo a la toma de decisiones, hay que responder dos preguntas claves:

1. ¿Cuáles son las opciones realmente posibles?
2. ¿Cuáles son los resultados de cada opción?

Los analistas tienen una responsabilidad considerable en informar a los tomadores de decisiones sobre la naturaleza de los costos incluidos en sus estudios. Puede ser aconsejable informar sobre una variedad de resultados, comenzando con los costos directos, y expandirlos para reflejar otros tipos de costos. Los análisis pueden apuntar a diferentes soluciones y hacer que la toma de decisiones sea más desafiante, pero las razones de las diferencias deben ser claras.

* Fuente: Curso "COSTOS Y PRESUPUESTOS DE MANTENIMIENTO". Autor: José Contreras Márquez

Ciberseguridad IEC 62443 para Sistemas de Control y Automatización Industrial (IACS) en la Industria de Generación Energética



 Autor: Glenda Gutiérrez Capriles

RESUMEN

El propósito de la gestión de la seguridad cibernética de control está diseñado específicamente para guiar el desarrollo de componentes IACS para que sean seguros desde el diseño y se rijan por un sistema de gestión de seguridad centrado en OT/IACS que tenga políticas, procedimientos, revisiones periódicas y políticas específicas, requisitos que inculcan las mejores prácticas. IEC 62443 está ganando popularidad y muchos países están adoptando la colección en lo que rápidamente se está convirtiendo en un conjunto global de estándares. En la era de la globalización y de los mercados altamente competitivos, el mundo exige más automatización. Esto, a su vez, aumenta el riesgo de sufrir ciberamenazas. Por lo tanto, los requisitos de seguridad cibernética y la implementación de IEC 62443 son la necesidad del momento. IEC 62443 son una serie de estándares para la gestión de la seguridad cibernética del control, que aprovecha informes técnicos, información relacionada y define el proceso de implementación de sistemas seguros de control y automatización industrial (Industrial Automation and Control Systems, IACS, por sus siglas en inglés) que deben completar el ecosistema IACS y describir cómo los profesionales de seguridad, los integradores de sistemas y el control. Los fabricantes de sistemas deben interactuar y garantizar la seguridad y protección de sus instalaciones y componentes.

Palabras claves: *Ciberseguridad, automatización, seguridad funcional, activos, gestión, confiabilidad.*

INTRODUCCIÓN

Hay dos tipos de ingeniero. El profesional con visión de futuro que busca constantemente nuevas tecnologías que los beneficien a ellos y, en última instancia, a la organización. El otro tipo es el ingeniero del “ahora”, contento con usar lo que sabe y le resulta difícil probar nuevas tecnologías, ya sea por desafíos de especificaciones o por el espíritu de la empresa.

Estas dos mentalidades pronto necesitarán pensar en IEC 62443 a medida que el estándar se desarrolle gradualmente y comience a ser considerado en el espacio público. Si bien no todas las secciones de IEC 62443 han pasado la revisión por pares y algunas no han entrado en la etapa de desarrollo, las empresas deben comenzar a investigar cómo estos estándares afectarán el funcionamiento y el desarrollo de la marca y la estructura de la empresa.

Los IACS en instalaciones de generación de energía y otras son vulnerables a incidentes de ciberseguridad, se utilizan para operar una amplia gama de aplicaciones industriales, incluida la infraestructura crítica. En la tendencia actual de las cuatro revoluciones industriales (Industria 4.0), el objetivo del IIoT es permitir la optimización, el ahorro de costes y nuevas oportunidades de negocio en diferentes ámbitos. Se espera que IIoT introduzca avances significativos en la optimización de la toma de decisiones, las operaciones y las colaboraciones entre una gran cantidad de sistemas de control cada vez más autónomos. Como resultado, se deben implementar contramedidas y el operador de la instalación debe tener confianza en que estas contramedidas son suficientes y se realizan correctamente. El riesgo debe ser aceptable para todos los sistemas, incluidos los existentes y posiblemente obsoletos. Debido a la gran cantidad de paquetes y sistemas en los paquetes, se requiere un enfoque basado en estándares. Los IACS se utilizan para operar una amplia gama de aplicaciones industriales, incluida la infraestructura crítica.

Estos estándares para sistemas de control y automatización industrial están evolucionando y el estándar IEC 62443 se está convirtiendo en el enfoque preferido para muchos. Con la creciente convergencia entre Tecnología de la información (Information Technology, TI, por sus siglas en inglés) y Tecnología operacional (Operational technology, OT, por sus siglas en inglés), el IIoT industrial se está expandiendo. Cada vez hay más redes interconectadas independientemente de su ubicación geográfica. Además, las redes cerradas ya no están aisladas y se transforman rápidamente en redes conectadas a redes de oficina y a la nube. Estos introducen múltiples riesgos para las empresas y afectan a todo el ecosistema IACS, incluidos los propietarios de activos, operadores y proveedores.

Algunos de los desafíos clave que las industrias enfrentan inherentemente:

- Muchos sistemas de control carecen de mecanismos básicos de protección (Autorización, Auditoría, Validación de Entradas...etc.), ya que no fueron diseñados pensando en la seguridad.
- Se desarrollan protocolos industriales para redes confiables con confiabilidad y disponibilidad como principales prioridades.
- Las tecnologías emergentes, como la medición inteligente, la informática móvil y la tecnología inalámbrica, etc., exponen a los dispositivos industriales a un riesgo cada vez mayor de sufrir un ciberataque.

La implementación de IEC 62443 es beneficiosa para que las organizaciones aborden sus riesgos de ciberseguridad industrial. En un lenguaje sencillo, este estándar segmenta las redes en zonas y despliega varias barreras (conductos) para permitir un mejor control del acceso y la seguridad dentro de las redes de sistemas de control utilizando interfaces (canales) bien definidas. Proporciona una terminología común para la seguridad IACS, un sistema de gestión de seguridad específico para la automatización industrial, orientación sobre la arquitectura de seguridad de la red industrial y define los requisitos de seguridad en todo el sistema y durante todo el ciclo de vida de los componentes. Por lo tanto, los propietarios de activos a nivel mundial están adoptando esta opción para proteger sus activos industriales.

Los desafíos son que se trata de un estándar genérico para todos los componentes industriales y que aún no está finalizado. Verificar la conformidad con todo el conjunto de normas IEC 62443 es muy costoso y algunas partes pueden ser irrelevantes para determinadas industrias. La norma también hace referencia a niveles de seguridad (Security level, SL, por sus siglas en inglés), pero puede resultar difícil definir el objetivo correcto para los diferentes sistemas. Actualmente la norma define qué hacer, pero no detalla completamente cómo hacerlo.

Se construyeron muchas empresas de generación de energía, lo que obligó a mejorar los procesos de negocio e involucrar a muchos recursos humanos. Será más difícil gestionar activos que no sean sólo equipos físicos sino también humanos en ellos. Los gerentes y empleados deberían poder ver un vínculo entre la estrategia de una organización, las actividades que emplea día a día y los indicadores de éxito que utiliza.

Mirar hacia abajo en esta “línea de visión” muestra cómo se cumplen los objetivos organizacionales y mirar hacia arriba en esta “línea de visión” muestra por qué se llevan a cabo las actividades. Las capacidades operativas representan habilidades organizativas que permiten a una empresa ganarse la vida y, por lo general, lo hacen obteniendo una ventaja competitiva a través de procesos mejorados que reducen los costos de la empresa. Promover la transformación de las empresas y mejorar sus capacidades operativas son las tareas más importantes de las empresas globales. De modo que la gestión de activos no sólo se mide por el cumplimiento de las normas ISO 55001, sino que también se apoya claramente en la tecnología de la información y podría integrarse un flujo de entrada-proceso-salida que esté conectado entre los datos, las aplicaciones y las tecnologías de apoyo y las dimensiones de la gestión del rendimiento.

El concepto de gestión de activos es desarrollado por el Instituto de Gestión de Activos (IAM, por sus siglas en inglés). La gestión de activos permite a una organización obtener valor de los activos en el logro de sus objetivos organizacionales. Hay seis componentes de la gestión de activos que consisten en estrategia y planificación, toma de decisiones de gestión de activos, entrega del ciclo de vida, información de activos, organización y personas y riesgo y revisión en la Figura 1, el modelo conceptual de gestión de activos de IAM. En la industria de generación de energía, el componente de entrega del ciclo de vida en la gestión de activos es el principal foco de trabajo en el que muchos procesos de negocio deben gestionarse respaldados por datos e información de activos precisos. La organización utiliza un sistema de gestión de activos para dirigir, coordinar y controlar las actividades de gestión de activos. La Figura 2 es la relación entre los elementos clave de un sistema de gestión de activos, junto con las cláusulas relacionadas en la norma ISO 55001, además de lo relacionado con la ciberseguridad del sistema enfocado en la norma IEC 62443, es decir, viendo todo como un todo completamente relacionado entero.

El Instituto de Anatomía de la Gestión de Activos alineó dos de ellos en el mapa de temas de la lista de verificación con la tabla de cláusulas. Para gestionar el desempeño actual y futuro de los activos, se puede requerir una variedad de medidas de desempeño, incluidas medidas de seguimiento para monitorear el desempeño pasado (por ejemplo, para incidentes, fallas). & defecto) y medidas líderes (proceso) para predecir el desempeño futuro con el fin de evitar incidentes y fallas. El monitoreo puede generar grandes cantidades de datos, lo que impactará en el sistema de información de las organizaciones. Debido a que hay muchos procesos de negocio entre los campos involucrados y muchos datos ingresados y emitidos como resultado de un proceso de entrada y salida, la empresa debe describir su totalidad en un marco de diseño integrado que sea más maduro y que haga que la implementación de ISO 55001 sea efectiva y eficiente.

Figura 3, que es un marco general que contiene una metodología y un conjunto de herramientas de apoyo que brindan un enfoque integral para la planificación, diseño, implementación y gestión a través del Método de Desarrollo de Arquitectura. Este modelo es una definición de arquitectura comúnmente utilizada en el mundo de TI. La arquitectura es la organización fundamental de un sistema incorporada en sus componentes, sus relaciones entre sí y con el entorno, y el principio que guía su diseño y evolución.

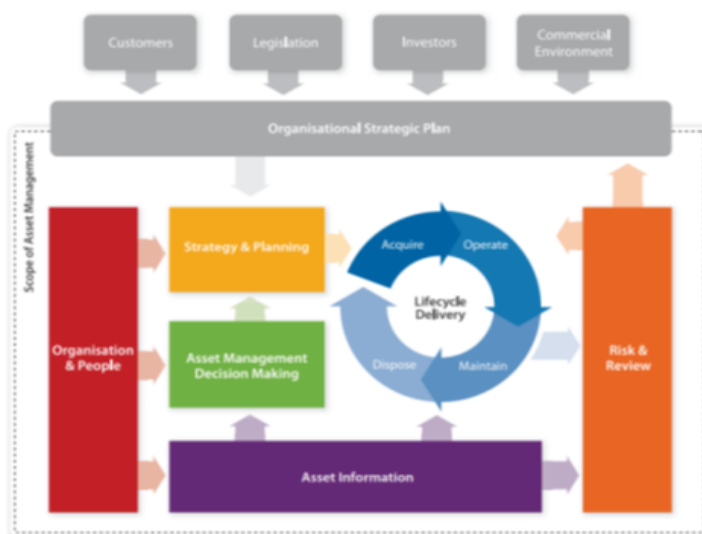


FIGURA 1: El Concepto IAM
Fuente: Instituto de Gestión de Activos.

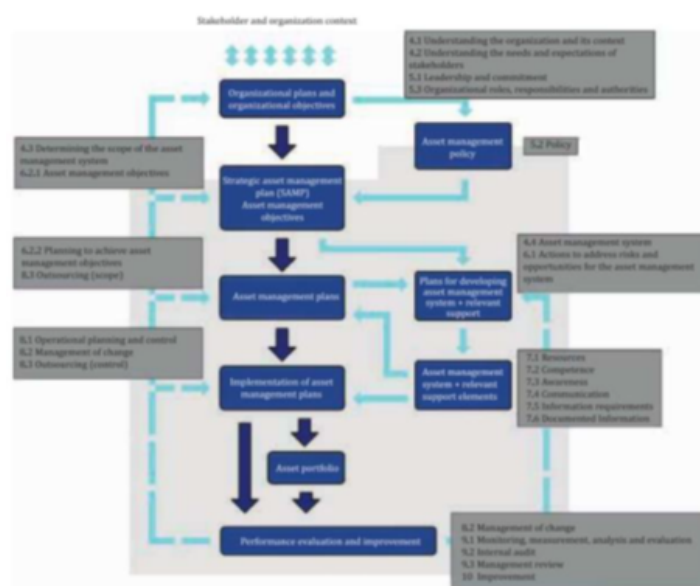


FIGURA 2: Relación entre IAM e ISO 55001

IEC 62443 no está destinado únicamente a atacar a los piratas informáticos y al malware en su red. Está diseñado para ser un espíritu integral de procedimientos y controles de todos los niveles de la organización, desde el hardware y los usuarios finales hasta las políticas y los registros de activos. Se trata de comprender qué hardware y qué interacciones tienen, pero la parte más importante del estándar es cómo reconocer una amenaza, cómo informarla y, lo más importante, cómo responder y recuperarse.

El objetivo es definir SCC y hacer un mapeo en comparación con los requisitos de IEC62443-2-1, IEC62443-2-4 e IEC62443-3-3.

La implementación técnica y la configuración en el IACS y cómo se opera, mantiene e implementa la solución IACS se reflejarán en el nivel de protección (PL). El nivel de protección es una metodología para evaluar la protección de las plantas en operación. La metodología incluye la evaluación de las capacidades técnicas y los procesos relacionados en una evaluación combinada. Los PL combinan la evaluación de medidas técnicas y organizativas.

CSMS incluye, por ejemplo, programas para reevaluar continuamente los riesgos. Los Niveles de Seguridad se crean para clasificar grupos de activos, con respecto a zonas de seguridad. Para cada zona de seguridad se asigna un nivel de seguridad objetivo SL (objetivo). El SL (objetivo) suele ser el resultado de una evaluación de riesgos de esa zona. SL (objetivo) describe la efectividad que deben alcanzar las contramedidas aplicadas para asegurar adecuadamente la zona. El nivel de seguridad SL alcanzado (logrado) de una zona es una propiedad dinámica que normalmente se degrada con el tiempo, a medida que las amenazas emergentes y las tecnologías en evolución hacen que las contramedidas existentes sean relativamente menos seguras, a menos que se sigan procedimientos de mantenimiento y actualización. SL (capacidad) es el nivel de seguridad que una contramedida o dispositivo/sistema específico puede proporcionar a una zona de seguridad.

Las amenazas a la ciberseguridad en la industria energética representan riesgos inaceptables para los equipos rotativos, las operaciones confiables y la seguridad pública y de los empleados.

El objetivo es que para un tiempo determinado $SL(\text{alcanzado}) \geq SL(\text{objetivo})$, para cada zona de seguridad definida en el sistema. Un ciclo de vida del nivel de seguridad tiene como objetivo cumplir continuamente este objetivo, utilizando reevaluaciones recurrentes y evaluaciones específicas para cambios en el sistema relacionados con la seguridad, por ejemplo, cambio de proceso, nueva vulnerabilidad detectada, parche de software de dispositivos.

El modelo de referencia IACS utilizado en estándar es de 5 niveles, influenciado por la Arquitectura de Referencia Empresarial de Purdue (Purdue Enterprise Reference Architecture, PERA, por sus siglas en inglés), como se muestra en la Figura 4. Las capas 1-2 generalmente comprenden la red OT, que generalmente se divide en varias zonas de seguridad según la criticidad, las capas 3-4 comprenden la Red informática. Como puede verse, las diferentes capas interactúan directamente sólo a través de la jerarquía. Los niveles más bajos suelen tener limitaciones de tiempo real, pero cuanto más alto es el nivel, más largos se vuelven los ciclos.

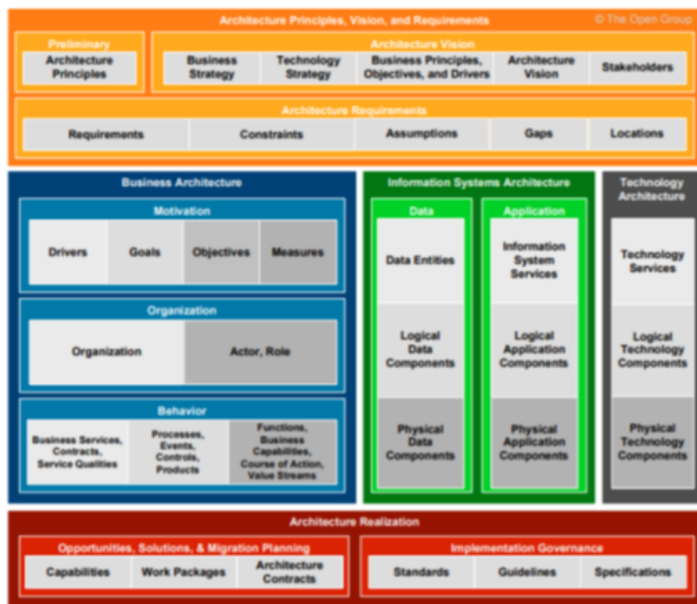


FIGURA 3: Descripción general del Metamodelo de contenido.
Fuente: Adaptado del Instituto de Gestión de Activos

El público objetivo de esta práctica recomendada pretende incluir todos los elementos (personas, procesos y tecnología) que participan en garantizar que la seguridad cibernética sea atendida en el IACS (propietario de activos, integrador de sistemas, proveedor de productos, proveedor de servicios, autoridad de cumplimiento). Esta práctica recomendada aclara las responsabilidades compartidas entre estas partes y describe quién realiza las actividades, quién debe participar y los insumos y resultados esperados.

El propietario del activo (operador) debe contar con un sistema de gestión de seguridad cibernética antes de iniciar un proyecto de yacimiento petrolífero. Los requisitos para un CSMS también se definen en IEC 62443-2-1 e ISO 27001. La ciberseguridad se implementa como una combinación de tecnología, procesos y personas, como se ilustra en la Figura 3. Esta práctica recomendada se centra en la tecnología y los procesos. A lo largo del documento se utiliza el concepto de nivel de seguridad para agrupar requisitos técnicos. El concepto de nivel de madurez, descrito en IEC-62443-2-4, procesos grupales y requisitos organizacionales.

Los comités IEC62443 planean publicar un nuevo estándar para el nivel de protección (PL, por sus siglas en inglés).

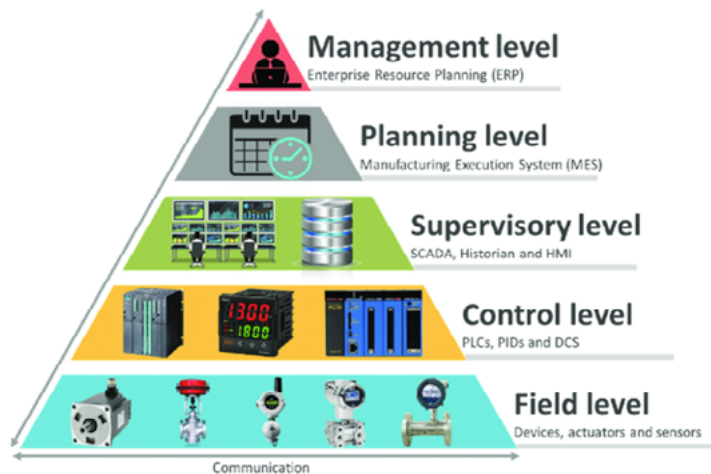


FIGURA 4: Pirámide tradicional de Automatización basada en PERA
Fuente: elaboración propia

La mayoría de los IACS serán vulnerables a al menos algún riesgo de seguridad cibernética. Incluso cuando el IACS no es programable o está físicamente separado de otras redes, habrá riesgos de seguridad cibernética derivados, por ejemplo, de actividades realizadas durante el mantenimiento, actualizaciones de software, soporte de proveedores o acceso físico no autorizado, etc.

El titular de la responsabilidad deberá aplicar recursos para gestionar los riesgos de seguridad cibernética a fin de desarrollar competencias en el tema, desarrollar sistemas de gestión adecuados y seleccionar y gestionar contramedidas técnicas y organizativas de seguridad cibernética apropiadas.

Se debe considerar la cantidad y el tipo de sistemas vulnerables a ataques y las posibles consecuencias que podrían tenerse al decidir cuántos recursos se deben aplicar para garantizar que se implemente un enfoque proporcionado.

Sólo se puede lograr una gestión adecuada de los riesgos de ciberseguridad si la definición de los requisitos de las contramedidas y la gestión continua de las contramedidas se completan de forma sistemática. Se debe implementar un CSMS para el IACS definido. Esto debería incorporarse al sistema de gestión más amplio del sitio.

La estructura del CSMS no necesita ser diferente a la de cualquier otro sistema de gestión y podría adoptar varias formas, por ejemplo:

- Como se describe en normas relevantes como IEC 62443 e ISO 27001;
- la estructura de las actividades de gestión presentada en IEC 61511;
- la estructura de planificar/hacer/verificar/actuar de los sistemas generales de gestión.

De manera similar, los aspectos técnicos de la gestión de la seguridad cibernética no necesitan ser diferentes de ninguna disciplina técnica, por ejemplo, en la forma en que se

ejecutan los proyectos de ingeniería o en la forma en que se mantienen, modifican y desmantelan los activos. Cualquiera que sea la forma de CSMS que se adopte, se deben abordar los siguientes principios de seguridad cibernética. Los documentos del CSMS deben mantenerse para que sean precisos (es decir, actualizados y sensibles a las amenazas cambiantes/métodos de ataque a medida que surgen con el tiempo), adecuados para su propósito y específicos del sitio al establecer qué se debe hacer, por quién y cuándo; no es necesario incluir la repetición de orientaciones cuando se pueda hacer referencia a ellas.

El propósito de este paso es identificar el alcance de la IACS y registrarlo en un formato que pueda usarse para la evaluación de riesgos y la gestión continua de la seguridad cibernética, es decir, un dibujo de red simple de la IACS y los datos asociados.

Para defender un sistema, primero es importante saber qué es necesario defender. La evaluación de riesgos, la definición de las contramedidas requeridas y la gestión continua de las contramedidas sólo se pueden lograr si se comprende y documenta todo el alcance del SIGC.

El límite de la IACS debe definirse para incluir todos los activos de la IACS (computadoras y otros dispositivos, etc. y las redes de conexión) asociados con las consecuencias de accidentes mayores o pérdida de elementos esenciales (Loss of Essential Service, LES, por sus siglas en inglés). Al hacerlo, se deben determinar los límites y todos los puntos de entrada/salida lógicos (es decir, conexión de red) hacia/desde el IACS.

Los activos de IACS que se incluirán en el alcance de IACS podrían incluir, entre otros:

- **BPCS**, incluidos, entre otros, DCS, PLC, SCADA, HMI/ interfaces de operador, activos remotos y cualquier otro controlador programable similar utilizado para el control de procesos en tiempo real o la reducción del riesgo de integridad baja.
- **SIS** dentro del alcance de BS EN 61511 y otros sistemas de protección/mitigación críticos para la seguridad. Incluye solucionadores lógicos, activos remotos, HMI/interfaces de operador y otros activos similares utilizados para la reducción de riesgos de plantas de procesos activos en tiempo real.
- **ECS**, incluidos sistemas de control eléctrico o adquisición de datos, HMI/interfaces de operador, variadores, sistemas de protección, etc.
- **Sensores, actuadores u otros dispositivos similares** de plantas de proceso/sistemas eléctricos. Tenga en cuenta que aquellos que están conectados únicamente mediante E/S discretas (es decir, no mediante red) están dentro del alcance del IACS, pero podrían considerarse

parte del sistema de control asociado a los efectos de la evaluación de riesgos de seguridad cibernética y la aplicación de contramedidas.

- **Activos que respaldan BPCS, SIS y ECS**, incluidos historiadores de datos, controladores de dominio, estaciones de trabajo de ingeniería, estaciones de aplicaciones (por ejemplo, administradores de recetas, activos, control avanzado) y activos de infraestructura de red como conmutadores, enrutadores, cortafuegos, etc. por ejemplo, interfaces de operador), se implementan en entornos de máquinas virtuales y se deben incluir tanto los activos del servidor como los del cliente.
- **Todas las conexiones de red dentro del IACS** (tanto permanentes como temporales) entre todos los activos del IACS y los otros sistemas, incluida la identificación de los protocolos que se utilizan (por ejemplo, TCP/IP sobre Ethernet, serie sobre RS485, propietario, bus de campo, redes de instrumentos inalámbricos, etc...)
- **Todas las conexiones de red** (tanto permanentes como temporales) a sistemas fuera de los límites de IACS. Esto debe incluir la consideración de cualquier conexión realizada a otras redes externas, como redes corporativas o de terceros, acceso telefónico/externo y cualquier conexión inalámbrica utilizada dentro del IACS.

Los activos de IACS que se incluirán en el alcance de IACS podrían incluir, entre otros:

- BPCS, incluidos, entre otros, DCS, PLC, SCADA, HMI/ interfaces de operador, activos remotos y cualquier otro controlador programable similar utilizado para el control de procesos en tiempo real o la reducción del riesgo de integridad baja.
- SIS dentro del alcance de BS EN 61511 y otros sistemas de protección/mitigación críticos para la seguridad. Incluye solucionadores lógicos, activos remotos, HMI/interfaces de operador y otros activos similares utilizados para la reducción de riesgos de plantas de procesos activos en tiempo real.
- ECS, incluidos sistemas de control eléctrico o adquisición de datos, HMI/interfaces de operador, variadores, sistemas de protección, etc.
- Sensores, actuadores u otros dispositivos similares de plantas de proceso/sistemas eléctricos. Tenga en cuenta que aquellos que están conectados únicamente mediante E/S discretas (es decir, no mediante red) están dentro del alcance del IACS, pero podrían considerarse parte del sistema de control asociado a los efectos de la evaluación de riesgos de seguridad cibernética y la aplicación de contramedidas.

- Activos que respaldan BPCS, SIS y ECS, incluidos historiadores de datos, controladores de dominio, estaciones de trabajo de ingeniería, estaciones de aplicaciones (por ejemplo, administradores de recetas, activos, control avanzado) y activos de infraestructura de red como conmutadores, enrutadores, cortafuegos, etc. por ejemplo, interfaces de operador), se implementan en entornos de máquinas virtuales y se deben incluir tanto los activos del servidor como los del cliente.
- Todas las conexiones de red dentro del IACS (tanto permanentes como temporales) entre todos los activos del IACS y los otros sistemas, incluida la identificación de los protocolos que se utilizan (por ejemplo, TCP/IP sobre Ethernet, serie sobre RS485, propietario, bus de campo, redes de instrumentos inalámbricos, etc...)
- Todas las conexiones de red (tanto permanentes como temporales) a sistemas fuera de los límites de IACS. Esto debe incluir la consideración de cualquier conexión realizada a otras redes externas, como redes corporativas o de terceros, acceso telefónico/externo y cualquier conexión inalámbrica utilizada dentro del IACS.

Una vez que se hayan identificado todos los activos de IACS, se deben organizar en zonas y conductos de acuerdo con IEC/TS 62443-1-1. Las zonas deben definirse en una estructura jerárquica tal que se pueda lograr una arquitectura defensiva, es decir, conexiones a sistemas externos en niveles superiores de la jerarquía y zonas de control y seguridad más críticas en niveles inferiores de la jerarquía (por lo tanto, menos susceptibles a las amenazas cibernéticas de los sistemas externos).

La agrupación de activos en zonas debería minimizar la necesidad de comunicaciones de datos en tiempo real entre las zonas, es decir, cada zona debería ser autosuficiente en la medida de lo posible, para facilitar la aplicación de las contramedidas (por ejemplo, segregación de la red) sin comprometer las necesidades operativas, y minimizar las rutas de comunicación que abarcan la red IACS.

IEC 62443-2-1 Ed.1 e IEC 62443-2-4 contienen orientación sobre el contenido y el desarrollo de un CSMS para una organización que posee o presta servicios a un IACS. Los estándares consisten principalmente en políticas y procedimientos que formarán parte del CSMS y sugerencias sobre cómo podrían desarrollarse.

Los elementos del CSMS con respecto al propietario del SIGC se dividen en tres categorías principales, la primera se centra en el análisis de riesgos, la segunda (y más grande) se centra en abordar los riesgos y la tercera aborda el cumplimiento y la mejora continua del CSMS.

Los elementos que se centran en el análisis de riesgos proporcionan requisitos sobre, por ejemplo, que se debe seleccionar una metodología de evaluación de riesgos, que una evaluación de riesgos utilizando esa metodología debe ser ejecutada y documentada por personal capacitado y que debe haber una estrategia para la reevaluación.

IEC 62443-2-3 es la parte del estándar que proporciona orientación sobre la gestión segura de parches. Todos los activos deben monitorearse con respecto a las versiones actuales y los parches disponibles, instalarse y verificarse en un sistema de prueba, crear copias de seguridad del sistema original antes de aplicar el parche y posiblemente detener las operaciones mientras se aplica el parche. Los activos pueden llegar a un punto en el tiempo en el que ya no cuentan con el soporte del proveedor del producto, es decir, obsolescencia del software/activos. En tales casos, no se lanzarán nuevos parches para el activo, independientemente de las vulnerabilidades o errores descubiertos.

Con el proceso completo de gestión de parches tanto por parte del proveedor como del propietario del activo, un parche de software tiene un ciclo de vida que contiene varios estados, que incluyen prueba, aprobación y lanzamiento desde la perspectiva del proveedor del producto hasta prueba interna, autorización y liberación interna por parte del propietario del activo.

En consecuencia, se deben definir zonas (en parte) para incluir activos donde se requerirán las mismas contramedidas de ciberseguridad. Es posible que sea necesario ajustar la definición de zona después de la evaluación de riesgos o la definición de contramedidas como parte de un proceso iterativo.

Una vez identificadas las zonas, se pueden definir conductos donde haya comunicación entre zonas:

- Conductos internos, es decir, conexiones de comunicación entre zonas IACS.
- Conductos externos, es decir, conexiones de comunicación a sistemas externos fuera de los límites identificados del IACS.
- No se deben definir conductos dentro de una zona individual.
- Los conductos deben incluir cualquier conexión de red que no esté físicamente contenida dentro de una zona, por ejemplo, conexiones inalámbricas.
- Los conductos deben incluir comunicaciones fuera de la red entre zonas, por ejemplo utilizando medios o dispositivos portátiles (como medios USB, computadoras portátiles) que se utilizan para permitir la transferencia de datos entre zonas.

Para la mayoría de los sitios donde hay al menos una conexión externa (por ejemplo, a la red corporativa), se espera que normalmente haya al menos una zona del sistema de control, una zona del sistema de seguridad y una zona de información de la planta, como se muestra en las Figuras 5, 6 y 7.

IDS (NIDS) e IDS de host (HIDS). NIDS se implementa más comúnmente como un dispositivo separado, por ejemplo, conectado a un puerto de duplicación en un enrutador de red o integrado en un enrutador o firewall. NIDS verifica todos los datos de la red en busca de patrones de ataque conocidos o comportamientos inesperados. HIDS se instala como software en un host y puede verificar los registros, el tráfico de red y el sistema de archivos en busca de indicaciones de intrusiones completadas o en curso. Una variante especial de IDS también previene un intento de intrusión, por ejemplo, bloqueando el tráfico de red relacionado con un intento de intrusión detectado. Hay varios inconvenientes del IDS, principalmente relacionados con el costo de aplicarlo a todas las subredes y hosts, el costo de monitoreo y el costo de manejar falsos positivos.

Los escáneres de vulnerabilidades proporcionan medios para fortalecer el sistema y pueden usarse para detectar: desviaciones de las políticas de seguridad, malas configuraciones y fallas de software. Normalmente, este tipo de exploraciones se deben realizar al reevaluar el SL (logrado) para un IACS. Sin embargo, la exploración en sí puede tener un impacto negativo en el rendimiento del IACS, lo que implica que, idealmente, la exploración debería realizarse primero en un entorno de laboratorio para evaluar que el impacto de la exploración no interferirá con las operaciones regulares. Alternativamente, se podría realizar un análisis de vulnerabilidad durante una parada de mantenimiento planificada del proceso.

Las herramientas HCM se pueden utilizar para editar de forma remota las configuraciones predeterminadas del host con respecto al software disponible, así como el acceso de los usuarios. En IACS esto no se usa ampliamente debido a la falta de estandarización de dichos sistemas con respecto a la diversidad de hosts. Los sistemas operativos se analizan en el estándar, especialmente se menciona que los RTOS tienen posibilidades y capacidades limitadas para contrarrestar las amenazas a la ciberseguridad.

Como los controladores DCS y los PLC, en general se ejecutan en RTOS, estos dispositivos, por su naturaleza, no pueden funcionar sin una conectividad de red que los convierte en una de las partes más vulnerables de un IACS. Estos sistemas monitorean y controlan procesos físicos reales. La recomendación es mantenerlos en redes verdaderamente aisladas. Esto probablemente será cierto en las primeras adaptaciones al IIoT, con la separación de la funcionalidad en tiempo real para el control y la supervisión crítica de la recopilación de información con respecto al análisis. En una perspectiva más amplia, los dispositivos IIoT podrían ser parte de un IACS como un componente crítico en tiempo real, proporcionando retroalimentación de medición o control de procesos.

El concepto de zonas de seguridad es central en IEC 62443. Dado un sistema IIoT heterogéneo que contiene numerosos dispositivos y servicios interconectados que también utilizan tecnologías de nube, uno puede plantearse la pregunta de si la idea de zonificación sigue siendo válida. Considerando el escenario brownfield, donde los dispositivos o servicios se introducen en una zona de seguridad, y esos dispositivos tienen conectividad de red con otras zonas menos protegidas, eso al menos hará que la zona sea más susceptible a los ataques. Sin embargo, si los componentes utilizados para controlar un proceso crítico todavía están aislados en una zona separada y los dispositivos o servicios IIoT utilizados para monitorear el proceso crítico se mantienen en otra red, la división en zonas de seguridad claramente proporciona seguridad adicional.

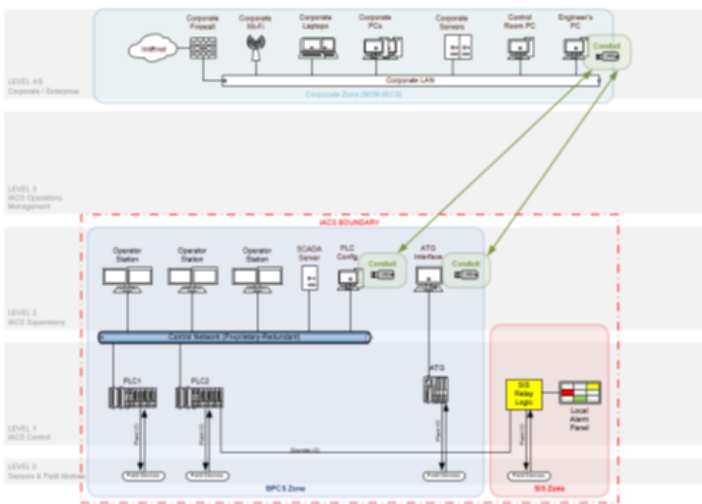


FIGURA 5: Red de sitios pequeños
Fuente: elaboración propia

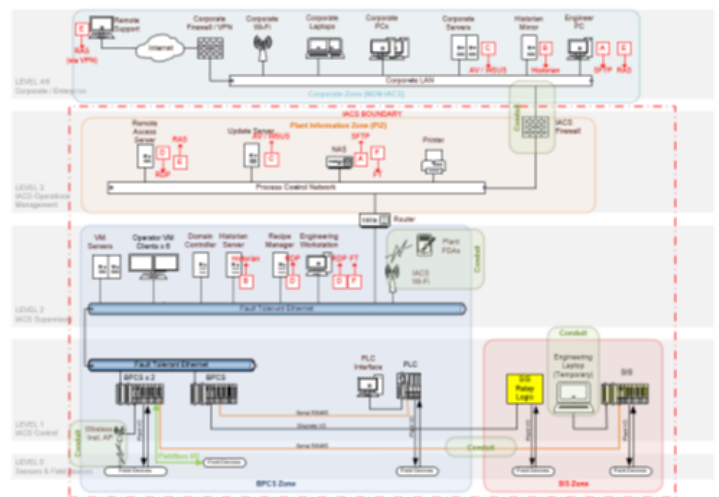


FIGURA 6: Sitios de tamaño medio
Fuente: elaboración propia

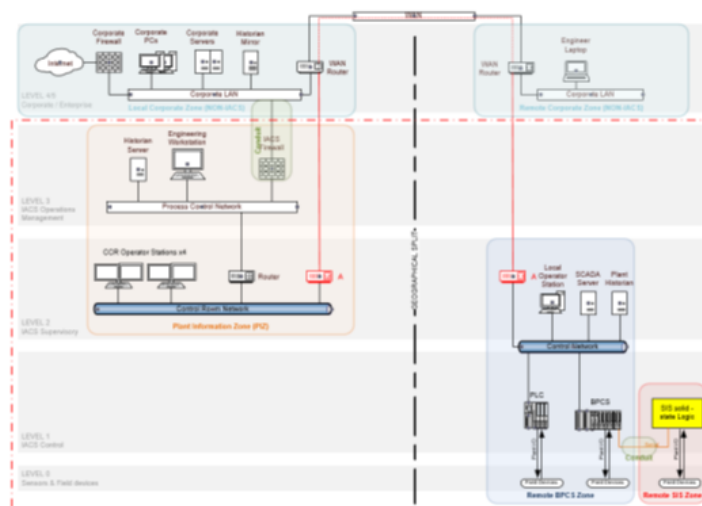


FIGURA 7: Sitios remotos
Fuente: elaboración propia

CONCLUSIÓN

IEC 62443 es un estándar bien conocido y ampliamente utilizado dentro de la automatización industrial. Describe los requisitos y las mejores prácticas para el desarrollo, integración y evaluación de componentes y sistemas relacionados con un IACS en materia de ciberseguridad. El surgimiento del paradigma IIoT añade una nueva dimensión a considerar en comparación con los IACS tradicionales. Dada la complejidad esperada de tales sistemas, nuestro objetivo era realizar un análisis de los estándares IEC 62443 y evaluar su aplicabilidad con respecto al IIoT. Varias partes de IEC 62443 ya son adecuadas para su uso en el contexto de sistemas IIoT. Sin embargo, una serie de conceptos descritos en la norma pueden resultar difíciles de cumplir, entre los que se incluyen específicamente:

- I. Los límites de las zonas de seguridad serán más difíciles de retener debido a las características dinámicas de un sistema IIoT.
- II. La comunicación a través de límites de zona será un requisito para que muchos dispositivos y servicios IIoT puedan proporcionar algún valor, algo que actualmente el estándar desaconseja.
- III. Para las actualizaciones de software, se necesitará un nivel significativo de automatización de las actualizaciones para los dispositivos y servicios IIoT. Actualmente no se describe en la norma si dicha automatización puede admitirse y cómo.

En IEC62443-4-2 se describen los requisitos de los componentes, de forma similar a los requisitos del sistema. Se clasifican en cuatro categorías:

- (1) Requisitos de la Aplicación de Software (SAR);
- (2) Requisitos de dispositivos integrados (EDR);
- (3) Requisitos del dispositivo host (HDR);
- (4) Requisitos del dispositivo de red (NDR)

Es común que los requisitos sean los mismos para todo tipo de componentes y, por lo tanto, se expresen únicamente como requisitos generales de los componentes. Teniendo en cuenta el paradigma IIoT, en el que las rutas de comunicación no se limitan a redes aisladas, es evidente la necesidad de utilizar seguridad de extremo a extremo. Están surgiendo varios métodos criptográficos que tienen un costo relativamente bajo en términos de utilización computacional y de ancho de banda, lo que podría permitir el uso de seguridad de extremo a extremo como estándar en los componentes de IACS. Para algunos dispositivos con restricciones, la seguridad de extremo a extremo aún puede resultar demasiado costosa en lo que respecta al consumo de recursos.

En tales casos, se pueden utilizar nodos de borde específicos para proporcionar funciones de seguridad para una colección de dispositivos restringidos. Debido a la naturale-

za heterogénea de un sistema IACS, las herramientas HCM actuales no son adecuadas ya que normalmente apuntan a un solo tipo de sistema operativo. Para un sistema IIoT, la diversidad de dispositivos será un problema aún mayor, al mismo tiempo que la necesidad de una gestión eficiente y centralizada es de gran importancia. Posiblemente partes de esta gestión se ejecuten automáticamente en un sistema IIoT.

REFERENCIAS

- [1] S. Al-Rubaye, E. Kadhum, Q. Ni, and A. Anpalagan. 2019. Industrial Internet of Things Driven by SDN Platform for Smart Grid Resiliency. *IEEE Internet of Things Journal* 6, 1 (Feb 2019), 267-277. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2734903>
- [2] Hugh Boyes, Bil Hallaq, Joe Cunningham, and Tim Watson. 2018. The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry* 101, June (2018), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>
- [3] IEC 62443 2009-2018. IEC 62443 Security for Industrial Automation and Control Systems. Standard. International Electrotechnical Commission, Geneva, CH.
- [4] Robert M Lee, Michael J Assante, and Tim Conway. 2016. Analysis of the Cyber Attack on the Ukrainian Power Grid. Technical Report. SANS.
- [5] S. Raza, H. Shafagh, K. Hewage, R. Hummen, and T. Voigt. 2013. Lite: Lightweight Secure CoAP for the Internet of Things. *IEEE Sensors Journal* 13, 10 (Oct 2013), 3711-3720. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2013.2277656>
- [6] The Institute of Asset Management 2012 The IAM Competences Framework Part II Guide using Asset Management, Competence Requir. Framew.
- [7] British Standards Institution 2014 ISO 55001 Asset Management Systems Requirements (Geneva:BSI Standard) p viii
- [8] Lo S C, Chen N, Iso A, and Ieee I E C 2017 Agile Process - Create Architecture Description through Agile Architecture Framework, Int. Conf. Softw. Eng. Res. Pract IEEE 42010.

AUTORA

Glenda Gutierrez Capriles

Desde el año 2001, cuenta con más de 27 años de experiencia como gerencia de operaciones, consultora, diseñadora, instructora y conferencista en el área de confiabilidad y mantenimiento en América y Europa, en diversos sectores industriales de petróleo, gas, químico, petroquímico, refinería, nuevas tecnologías emergentes, alimentos y bebidas, y minería, de Venezuela, Argentina, México, Reino Unido, Estados Unidos, China, Alemania, Países Bajos, Italia, Egipto, Japón y Corea.

Ha sido autora de artículos técnicos en México, Argentina, Polonia, Estados Unidos y Venezuela. Tuvo el honor de ser entrevistada en la 1ª edición del *Journal of Asset Management PMM Learning*, España, y en la edición 2012 de la revista *Pump Engineer*, Europa.

Mantenimiento preventivo de las fábricas y su impacto en la eficiencia global de equipos



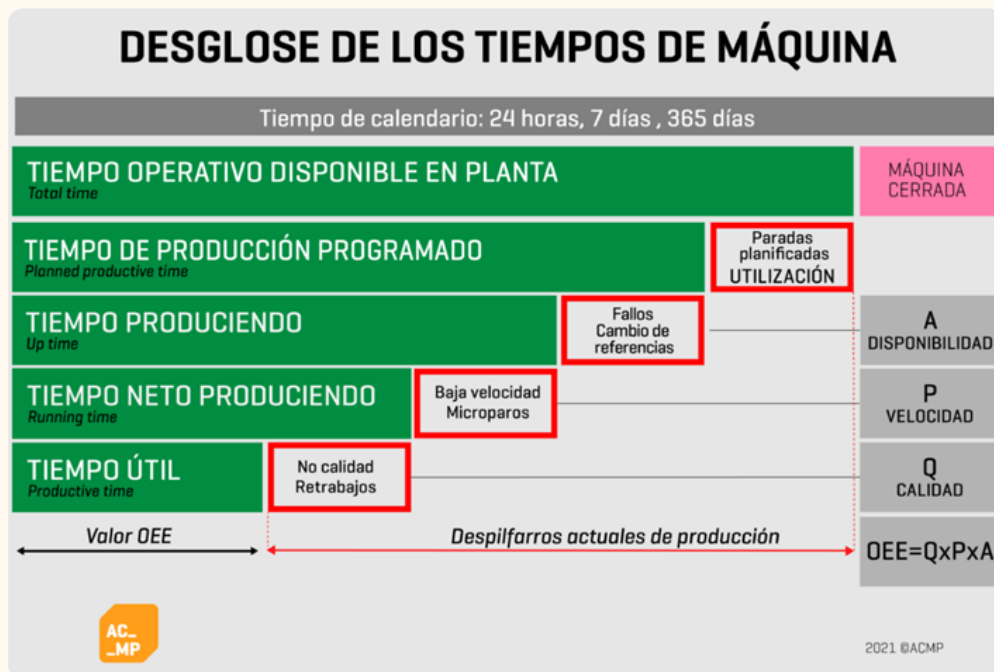
Autor: Richard Zamora Yansi

Director de Proyectos Logísticos MATRIX Inventarios, CEO MATRIX Business School



En el competitivo mundo de la manufactura, la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo se consolida como una piedra angular para potenciar la eficiencia global de equipos (OEE) en las fábricas. Los líderes industriales, conscientes de la interdependencia entre un mantenimiento sistemático y el rendimiento operativo, están adoptando enfoques proactivos para optimizar la confiabilidad y disponibilidad de sus maquinarias, reconociendo que este enfoque no solo responde a la necesidad de minimizar tiempos de inactividad, sino que también impacta directamente en la rentabilidad y competitividad del negocio.

La esencia del mantenimiento preventivo radica en la realización de inspecciones regulares, ajustes y sustitución de componentes antes de que surjan problemas significativos. Este enfoque proactivo no solo reduce los tiempos de inactividad no planificados, sino que también prolonga la vida útil de los equipos, optimizando su desempeño y, por ende, elevando el OEE de la fábrica. La inversión anticipada en el mantenimiento se traduce en un retorno tangible a medida que la maquinaria opera de manera más constante y eficiente.



En la era digital, la aplicación efectiva de la tecnología se convierte en un catalizador esencial para el mantenimiento preventivo moderno. La integración de sensores de monitoreo remoto y el uso del análisis predictivo permiten a los equipos de mantenimiento anticipar posibles fallos y programar intervenciones antes de que se produzcan paradas no planificadas. Esta sinergia entre tecnología y mantenimiento proactivo no solo contribuye a mantener la continuidad operativa, sino que también optimiza la asignación de recursos al realizar intervenciones solo cuando son realmente necesarias, maximizando la eficiencia de los equipos de mantenimiento.

El impacto positivo en la eficiencia global de equipos (OEE) no solo se limita a una mayor disponibilidad de maquinaria, sino que también se extiende a una mejora sustancial en la calidad del producto. Al evitar fallos imprevistos, se reduce la variabilidad en los procesos de producción, asegurando estándares consistentes y minimizando los desperdicios. Este enfoque integral no solo beneficia la eficiencia operativa, sino que también fortalece la posición competitiva de la fábrica en el mercado, contribuyendo a la construcción de una reputación de confiabilidad y calidad.

En conclusión, el mantenimiento preventivo se erige como un componente estratégico y de largo alcance para optimizar la eficiencia global de equipos en las fábricas contemporáneas. Al anticiparse a posibles fallos, reducir los tiempos de inactividad, mejorar la calidad del producto y aprovechar la tecnología de manera eficiente, los líderes industriales no solo salvaguardan sus inversiones en maquinaria, sino que también elevan la productividad y competitividad de la fábrica en el complejo escenario manufacturero actual.

Para realizar un Modelo de Criticidad de Activos Físicos, no hay recetas estandarizadas



Autor: Nayrih M. Medina Calleja

Consultora en Ing. de Confiabilidad, Soluciones en Gestión de Activos, Confiabilidad y Mantenimiento (GACM)

Si consideramos que el propósito de Evaluar la Criticidad de nuestros activos físicos es, determinar el riesgo potencial de la falla de un equipo en el logro de los objetivos de la organización, no resulta conveniente aplicar el mismo modelo de evaluación bajo los mismos criterios en todas las empresas, aunque sean del mismo sector o que tengan características operacionales similares. Y es que, así como en la medicina no se puede utilizar la misma receta para curar una enfermedad determinada en todas las personas, sólo por ser del mismo género o del mismo rango de edad, en la ingeniería de mantenimiento, no es recomendable utilizar un modelo de criticidad desarrollado en una empresa “A”, para evaluar la criticidad de los activos físicos de otra empresa “B”.

La razón es simple: La frecuencia y las consecuencias de las fallas de los activos no impactan de la misma manera en todas las empresas.

En este sentido, adoptar un modelo de cálculo de criticidad de otra empresa, por ser del mismo rubro, o haber sido funcional para una empresa similar a la nuestra, no resultan ser razones suficientes para dar por hecho que ese mismo modelo se adapta a nuestras necesidades y nos permitirá jerarquizar nuestros activos físicos de manera adecuada.

¿Qué es el Análisis de Criticidad?

En general, podemos definir el Análisis de Criticidad como un método de evaluación y gestión del riesgo, asociado a la dependencia que tiene una empresa de sus activos para generar un producto o servicio.

Desde la perspectiva del área operativa: Es un método estructurado y sistemático para evaluar el riesgo que las fallas de los activos representan para la empresa. Esto respalda la implementación de estrategias de mantenimiento específicas y proporcionales al impacto de la falla.

Desde la perspectiva del área financiera: Es un proceso estructurado de análisis que requiere la participación y aporte las diferentes áreas de la empresa, para identificar los riesgos operativos generados por los procesos de otros departamentos, que se vinculan a los impactos asociados a las fallas.

Aunque el análisis de criticidad es un método de jerarquización de los activos por su impacto en los procesos productivos, es altamente recomendable que en el diseño del modelo de evaluación y valida-

ción de resultados, participe el personal de otras áreas de apoyo (contratos, compras, finanzas, seguridad, etc.) pues hay procesos que no controla el área operativa y que resultan relevantes para obtener un modelo de mejor calidad y eficiencia.

¿Cómo estimar la Criticidad de los Activos de una organización?

La aplicación metodológica del Análisis de Criticidad de un activo, requiere en primer lugar estimar el Índice de Criticidad, cuyo modelo matemático se expresa en su forma más general como:

$$\text{CRITICIDAD} = (\text{Impacto Potencial de la Falla}) \times (\text{Probabilidad de Ocurrencia de Falla})$$

Esta criticidad representa, por lo tanto, una medida del riesgo que tiene la indisponibilidad del activo para el negocio.

Para analizar el componente “Impacto potencial de la falla”, podemos considerar algunos de los siguientes factores:

- Impactos sobre la Seguridad del personal
- Impactos sobre las Comunidades aledañas
- Impacto sobre las Instalaciones
- Impactos en Costos de Mantenimiento y Costos de Reparación
- Impactos en Producción (Tiempo de reparación Vs. Producción impactada)
- Impactos Ambientales
- Impactos Económicos
- Impactos sobre la Calidad del producto
- Impactos legales
- Otros

Para analizar el componente “Probabilidad de la falla”, consideramos la frecuencia con que puede presentarse una falla grave en un periodo de tiempo determinado.

Según sea el nivel de impacto y la probabilidad de falla los subdividimos en categorías, que permiten agrupar estos impactos y frecuencias en un rango desde muy bajo o poco probable, hasta muy alto impacto o de muy alta probabilidad de ocurrencia.

CLASE	CATEGORIAS	
	PROBABILIDAD DE FALLA (FRECUENCIA DE FALLA)	IMPACTOS (SEVERIDAD DE LA FALLA)
5	Alta frecuencia	Catastrófico
4	Frecuente	Muy alto
3	Ocasional	Alto
2	Remota posibilidad	Moderado
1	Muy poco probable	Bajo



Figura 1: Ejemplo de Categorías de Impactos y Frecuencias de Fallas

Considerando que tanto las magnitudes de los impactos como los valores de las frecuencias de fallas pueden variar en cada empresa, las categorías y sus clases también pueden ser diferentes.

Adicionalmente, como parte del método de Evaluación de Criticidad de los Activos, se debe establecer una “Matriz de Criticidad” (Ver Figura 2), que nos permite jerarquizar los equipos en niveles según el riesgo que representan para la organización. Las categorías para clasificar los activos dentro de esta matriz se establecen a partir de los valores resultantes de la relación Impacto Total de las fallas Vs. Frecuencia de las fallas, lo que facilita que los equipos de mantenimiento se concentren en donde más se necesita.

Esta matriz de criticidad puede variar de una empresa a otra, tanto en tamaño como en categorías y los rangos de valores que definen estas categorías.

PROBABILIDAD	IMPACTOS					■ Criticidad muy alta ■ Criticidad moderada ■ Criticidad baja ■ Criticidad muy baja
	5	4	3	2	1	
5	■	■	■	■	■	
4	■	■	■	■	■	
3	■	■	■	■	■	
2	■	■	■	■	■	
1	■	■	■	■	■	

Figura 2: Ejemplo de Categorías de una Matriz de Criticidad

¿Por qué se recomienda utilizar un modelo propio de criticidad para evaluar los activos físicos de nuestra organización?

Existen muchos modelos y técnicas para evaluar la criticidad de los activos físicos, y por lo tanto, no existe una receta única ni estandarizada para realizar este tipo de evaluación, que se aplique por igual en todo tipo de empresa.

Cuando tenemos la necesidad de jerarquizar nuestros activos, es importante evaluar las “VENTAJAS” y los “DESVENTAJAS” de usar un modelo o método de otra empresa. En la Tabla 1, presentamos una tabla con las aparentes ventajas de utilizar un modelo predefinido:

Tabla 1: Ventajas y desventajas del uso de Modelos de Evaluación de Criticidad predefinidos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Cuando no se cuenta con personal especializado en el tema, proporcionan una buena referencia sobre el “modelo” a utilizar. 	<ul style="list-style-type: none"> • En la aplicación de la metodología puede inducir errores importantes, en la selección de la técnica de evaluación, del personal involucrado en el análisis y en la certidumbre de los resultados.
<ul style="list-style-type: none"> • Se evitan las problemas y confrontaciones entre el personal, para definir los criterios de evaluación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los criterios de evaluación son impuestos, no consensuados.
<ul style="list-style-type: none"> • Permite obtener resultados de manera rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se considera la necesidad de adecuaciones para su aplicación, especialmente en los factores de evaluación de impactos, por lo que algunos de los resultados no son congruentes con la realidad de la instalación.

Como podemos observar en la Tabla 1, aunque el uso de modelos prediseñados puede permitirnos avanzar rápidamente en el proceso de jerarquización de nuestros activos físicos, la incertidumbre en los resultados es muy alta, para avanzar en el diseño de estrategias para el mantenimiento adecuado de nuestros equipos y el uso optimizados de los recursos disponibles.

En contraparte, las ventajas y desventajas del uso de modelos de evaluación de criticidad adaptados a las características y necesidades de la organización, ofrece un panorama distinto.

Tabla 2: Ventajas y desventajas del uso de Modelos de Evaluación de Criticidad propios

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> El modelo proporciona una guía del proceso de clasificación de los activos, según el tipo de operación, el entorno, el nivel de experiencia del equipo y los objetivos de la organización. 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere personal especializado para: seleccionar el equipo de trabajo, diseñar adecuadamente el modelo y dirigir el análisis.
<ul style="list-style-type: none"> Los factores de evaluación que se definen permiten atender la tolerancia al riesgo de la Dirección. 	<ul style="list-style-type: none"> La selección de los factores de evaluación requiere el consenso de diferentes áreas de la organización.
<ul style="list-style-type: none"> Los resultados permiten jerarquizar adecuadamente los activos, considerando como su falla impacta el proceso y el desempeño de toda la organización. 	<ul style="list-style-type: none"> La evaluación no considera fallas múltiples.
<ul style="list-style-type: none"> Los resultados deben ser validados por las áreas involucradas para evitar la subjetividad de los análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> Los resultados pueden requerir varias revisiones y ajustes para su validación final.
<ul style="list-style-type: none"> La criticidad resultante es tanto a nivel de equipos como de la empresa. 	
<ul style="list-style-type: none"> El modelo es aplicable y escalable a nivel de equipo, proceso u organización. 	

Conclusión:

Es importante que el Modelo de Evaluación de la Criticidad se diseñe atendiendo una estructura sistemática que evalúe adecuadamente el impacto de las fallas de los activos en el desempeño organizacional, y sirva como herramienta para identificar riesgos operacionales y de toma de decisiones, para proponer, evaluar y definir estrategias de mantenimiento y mejora de los procesos de apoyo que aporten valor a la empresa.


Por las aparentes ventajas que hay, resulta tentador adoptar un modelo predefinido de otra empresa, sin embargo, es altamente probable que nos alejemos de aquello que buscamos al invertir en el diseño de un Modelo de Criticidad propio: tener más certidumbre sobre nuestros activos para reducir los riesgos. Al aplicar un modelo predefinido, nuestros resultados serán imprecisos y poco confiables para tomar decisiones.



Autor: Nayrih M. Medina Calleja

Consultora en Ing. de Confiabilidad. Soluciones en Gestión de Activos, Confiabilidad y Mantenimiento (GACM)

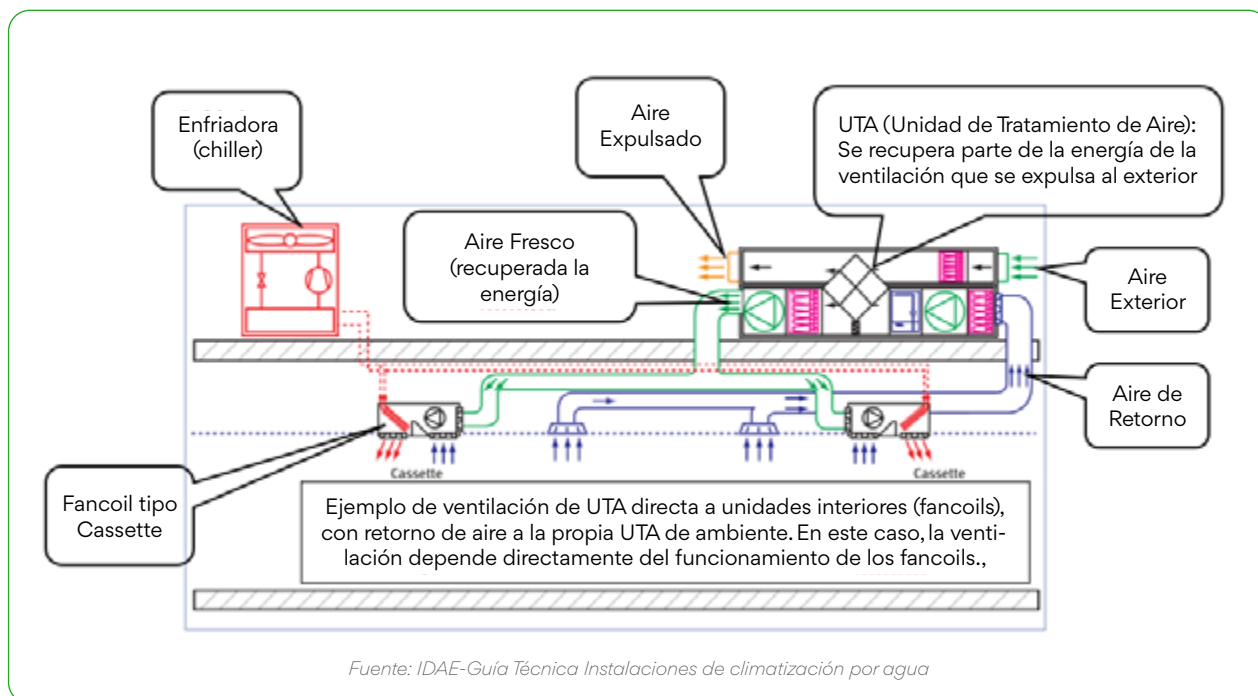
Innovación, predicción y tecnologías, las claves del éxito en nuestro bienestar

 **Laudelino Javier Sánchez**
Ingeniero Técnico y de Grado Industrial

Resumen/Introducción del artículo:

Estamos muy acostumbrados a que se saquen nuevas tecnologías que se van acoplando a nuestro día a día como un elemento más, sin embargo, nadie piensa que esa innovación no solo puede ir orientada a facilitar el uso de los equipos y sistemas. ¿Podría utilizarse adicionalmente para mejorar los mantenimientos como un estándar de fiabilidad y de mejora continua? En esta ocasión expondremos cómo los fabricantes de sistemas HVAC, los que buscan el éxito a través de nuestro bienestar, así como un menor coste económico en el mantenimiento, innovan a este respecto. Al final se busca no solo equipos mejorados en sus consumos, eficiencia energética (menos pérdidas, mayor eficiencia de intercambio), disminución de ruidos y fiabilidad, hay que dar un paso más al frente y, lograr, por ejemplo, que podamos con el mismo equipo calentar un recinto en mucho menos espacio de tiempo sin que ello suponga un consumo adicional del equipo o mínimo, que podamos saber y predecir en qué momento el equipo podría generar ruido o cuando sería necesario cambiar una pieza (destinándola, si fuera viable, para otros usos y/o reciclándola, Directiva ErP de Eco-Diseño). Estamos hablando de tecnología, sí, pero a su vez de descarbonización y economía circular (disminución de consumos y recursos necesarios para poder seguir dando servicios ya sean de ventilación, calefacción y/o refrigeración además de reutilización y/o reciclado). Pongamos la mira en un sector, por ejemplo, el alimentario, donde es necesario mantener a raya a los

patógenos (por sanidad y para minimizar el riesgo de deterioro de alimentos ya que siempre deben estar en perfecto estado). Veremos como algunas tecnologías que pueden emplearse, dependiendo del fabricante, varían en lo que a mantenimiento se refiere, precisamente por no tener en cuenta ciertos factores en el diseño de las máquinas, en este caso, del sistema HVAC o cómo, con innovación, se pueden complementar e incluso mejorar las expectativas que pueden esperarse. Necesitamos innovación, sí, y para afianzar lo comentado entre otras acciones realizaremos una serie de preguntas, breves, una pequeña entrevista, al Sr. Julián Pradillo, responsable a nivel España de Ingenierías, Prescripción y Dirección Técnica de “Wolf Ibérica Business Unit Clima y Ventilación”, empresa de origen alemán y que cuenta con, entre otros, importantes sistemas de calidad de ventilación ya sean a nivel doméstico (recuperadores de calor incluso para Passivhaus), como a nivel terciario e industrial (UTA = Unidades de Tratamiento de Aire = Climatizadores = UMA = Unidades Manejadoras de Aire). Finalmente, como aclaración y recordatorio, no queremos que esto sea meramente una comunicación unidireccional, esperamos que ustedes, nuestros lectores, nos consulten, nos inquieten y nos chequeen, al fin y al cabo, para la mejora en todos los sentidos, los necesitamos a ustedes al igual que ustedes nos necesitan a nosotros. Esperamos que el artículo les resulte de interés y esperamos sus preguntas y comentarios al respecto.



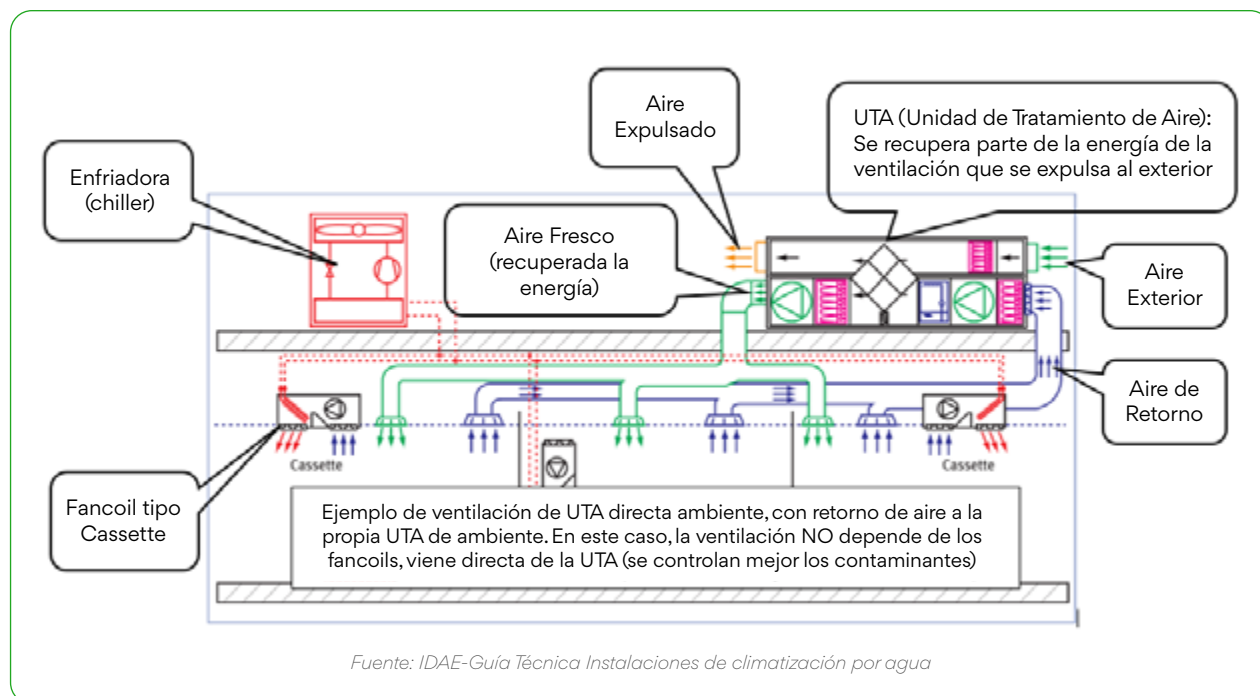
Innovación, predicción y tecnología, las claves del éxito de nuestro bienestar

¿Qué es lo que nos aporta la tecnología? Generalmente son cosas que valoramos, pero ¿qué ocurre si las desconocemos o solo nos preocupa un precio inicial sin pensar en las consecuencias de tomar una decisión basándonos solo en ese precio? ¿qué ocurre si no tenemos en cuenta otros factores que pueden ser incluso más determinantes que ese coste/inversión? Con demasiada frecuencia tendemos a ir, en igualdad de condiciones, a por lo más económico, lo cual muchas veces es muy positivo, pero ¿esto es realmente así? Pongamos un ejemplo que pensamos van a entender rápidamente, algo sencillo, que tiene que ver con el confort, con la calidad del aire y con nuestra salud, no necesariamente muy tecnológico pero que es un ejemplo real que pensamos se genera de manera subconsciente la elección de este sistema “porque se ha hecho así por décadas”. No se piensa en otros aspectos que son tan necesarios o más para todos nosotros y que especialmente en los tiempos que corren, certificaciones WELL; LEED, BREEAM o VERDE ponen un especial énfasis en mejorarlos. Esto no es meramente exclusivo de estas certificaciones, incluso aplicando la normativa actual en España, el RITE, deberían tenerse en cuenta, mismo caso que el resto de Europa ya que el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios) no deja de ser una transposición de Normas y Directrices Europeas de obligado cumplimiento en todo este territorio.

Cuando se ventilan oficinas (o cualquier otro edificio de tipo terciario llámese colegio, hospital o similares), en España por lo general, se utilizan UTA (Unidades de Tratamiento de Aire) con recuperación energética y filtración, impulsan el aire filtrado y recuperada en gran medida la energía de intercambio de ventilación. Generalmente son sistemas todo aire exterior, es decir, el aire NO es recirculado, se recupera un porcentaje de su energía (de la que se expulsa al exterior). Pensemos ahora en unas oficinas y que, para la calefacción y enfriamiento, se utiliza una bomba de calor, para este caso, pensemos tan solo en una enfriadora (chiller), es decir, sistema solo refrigeración. Con un sistema como el descrito, podemos tener una UTA que ventile y que aporte la energía necesaria para el confort o podemos tener una UTA que ventile y que NO aporte la energía para el confort o solo en parte. Cuando la UTA no aporta el confort total a ambiente, que suele ser la mayor parte de los casos, se necesitan equipos para tratar las cargas térmicas y generar el confort necesario, esta es la función de los fancoils, Estos equipos lo que hacen es suministrar la energía para que las ganancias de calor que tenemos por las paredes, techos, suelo, ventanas, personas, etc, sean contrarrestadas y tengamos una temperatura y humedad ambiente adecuadas, pongamos de 24 a 25°C y una humedad relativa entre un 40 y un 60%. Es el ejemplo de la imagen mostrada en la parte superior.

Lo que ocurre es que la ventilación de aporte exterior se impulsa desde la UTA a los fancoils donde, en estos equipos, se mezcla el aire de retorno de ambiente junto con el que aporta la UTA del exterior (ver las flechas de circulación del aire en la imagen previa). Estas unidades interiores ya impulsan el aire, desde estos fancoils, en condiciones adecuadas para generar el confort descrito en la estancia. La UTA, por su parte, dispone de una ventilación de retorno mediante rejillas directamente de ambiente, de este modo, se impulsa a los fancoils el aire exterior y se extrae de ambiente. Con esto conseguimos, por un lado, el confort deseado, por el otro, que los contaminantes interiores se encuentren reducidos y controlados, pero ¿qué ocurre si esto no es así? Decimos esto último porque olvidamos un detalle importante. Los fancoils normalmente son controlados por sondas o termostatos en ambiente, es decir, tenemos un pequeño control en la pared de la estancia donde marcamos una temperatura y, en base a si se alcanza esa temperatura o si se supera, los fancoils pararán (si se llega al confort, temperatura marcada en termostato) o estarán funcionando (cuando se supere la temperatura de consigna establecida en el termostato). Si los fancoils paran, el aire de impulsión de la UTA no para (no debe parar nunca cuando haya ocupación y personas en el entorno). En realidad, este aire se encuentra con las baterías de los fancoils y la ventilación sale por el retorno de estos equipos (por donde le cuesta menos esfuerzo) pero es que el retorno dispone de rejillas con compuertas de regulación para que el aire de retorno, cuando funcionan los fancoils, sea uno concreto de forma que la mezcla entre aire exterior y aire recirculado sea adecuada. Lo que estamos indicando es que el aire de la UTA, cuando funcionan los fancoils, entra sin problema alguno a estos fancoils y, por ende, a la estancia. Cuando los fancoils están parados, el aire de la UTA se encuentra con “rozaamiento”, por un lado, las baterías de los fancoils y por el otro la regulación de las rejillas de retorno. Como consecuencia entra menos aire exterior de la UTA a la estancia, el CO₂ interior, entre otros contaminantes, aumenta su concentración ya que el aire necesario que hay que aportar a ambiente se reduce por lo que hemos indicado. La correcta ventilación en ambiente es totalmente dependiente del funcionamiento de los fancoils, los cuales pararán al alcanzar la temperatura de confort. Esto, que aparentemente es obvio, ha sido observado claramente cuando se ha monitorizado la calidad del aire interior, el crecimiento de la concentración de CO₂ y de otros contaminantes (COV) al estar parados los mencionados fancoils.

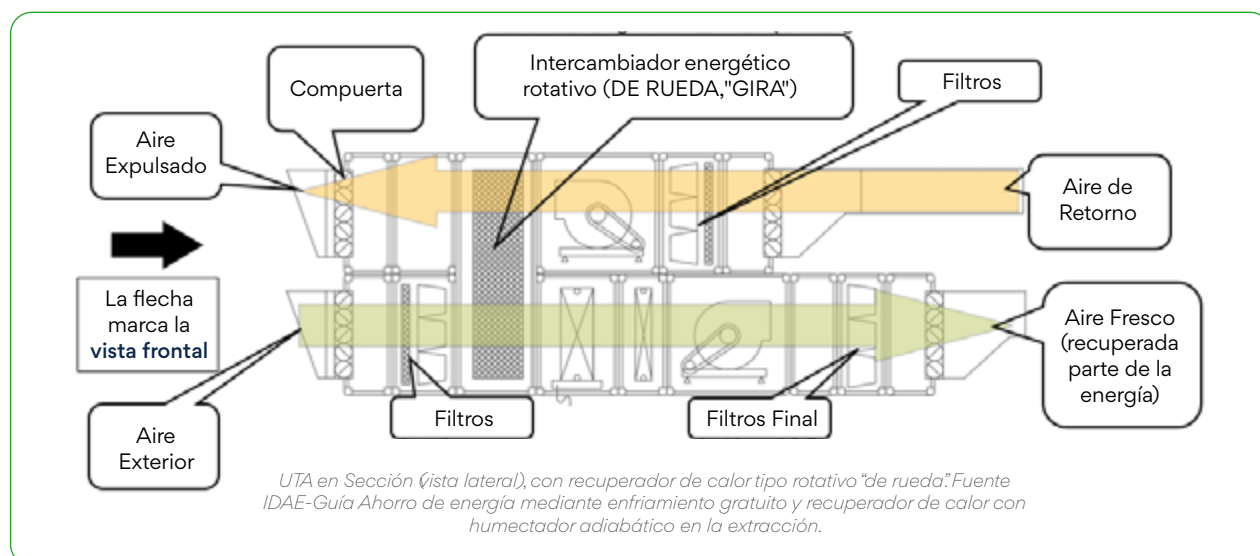
El sistema más adecuado, por lo tanto, es que la UTA ventile directamente al ambiente interior y no sea dependiente en absoluto de los fancoils (ver siguiente imagen). Existe una variante adicional a la siguiente imagen y es que la propia UTA disponga de una pequeña batería de agua fría para que el aire impulsado por la misma vaya a temperatura adecuada y no genere ningún tipo de disconfort en interior.

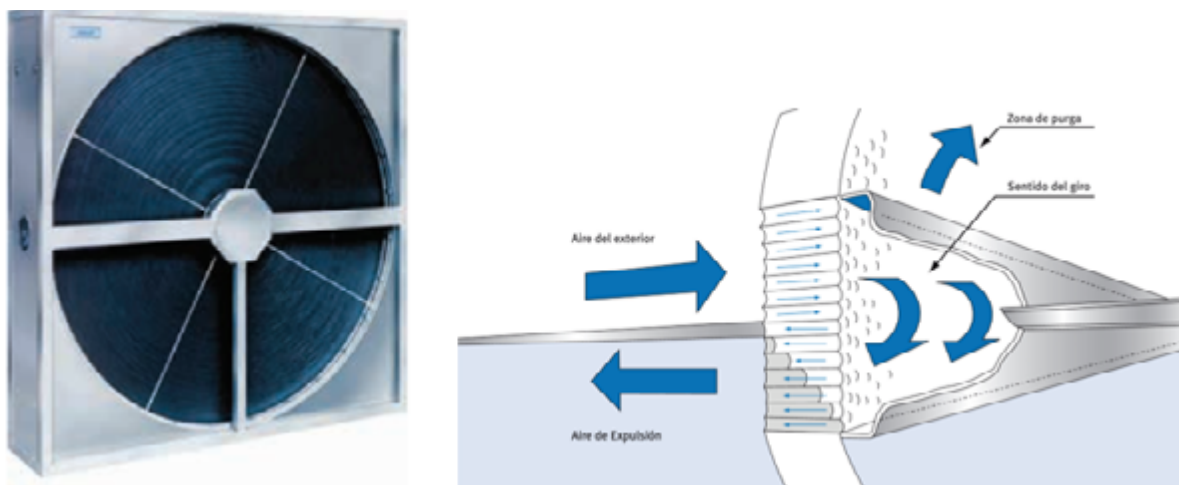


Lo correcto, para verificar que todo está ok, sería instalar monitorización de la calidad del aire en ambiente, en la zona respiratoria. Con esto tendríamos la certeza, realmente, de que el sistema de ventilación y confort funciona manteniendo bajo control los contaminantes.

La diferencia entre un sistema y el otro, es que el primero, el que ventila la UTA a las unidades interiores (llámese fancoils o llámese unidades interiores de refrigerante variable o de expansión directa), “es más económico” que el segundo donde la ventilación no es dependiente de las unidades interiores (menos rejillas, menos conducto, etc). Sin embargo, con el primero y paradas las unidades interiores, existe el problema planteado de crecimiento de los contaminantes en el espacio habitable y salida del aire de ventilación incluso por el retorno de los equipos mientras lo que se persigue con la normativa y las certificaciones medioambientales específicamente es nuestro bienestar y confort. Si hablamos de mantenimiento, al menos las rejillas sirven para la inspección, limpieza y revisión de los conductos, con las unidades interiores hay que poner registros adrede para esta tarea. En realidad, en ambos casos deben existir registros para la limpieza e higienización de conductos, pero, en el caso de las unidades interiores, muchas veces estos registros existen tan solo para los propios equipos (para limpieza de sus filtros, regulación de agua, limpieza del sifón o incluso reparaciones del suministro eléctrico) y no son válidos para los conductos puesto que NO se deja un registro adicional en los conductos propiamente dichos. Al final, por tratar de generar un ahorro económico se genera un impedimento para el bienestar de las personas y, a menos que se tenga en cuenta, se deberían dejar registros adicionales para los conductos por normativa salvo justificación expresa, es decir, haciendo las cosas bien podría ser incluso más económico el segundo caso de la ventilación al ambiente directo de la UTA que ventilando a las unidades interiores. ¿Qué ocurre? Que durante mucho tiempo se ha hecho esto así (primer caso), no se había monitorizado la calidad del aire (salvo excepción) y no se había pensado generalmente durante el diseño (incluso hoy en día), que posteriormente hay que hacer limpiezas y mantenimientos a los conductos inclusive (dejar espacio, poder inspeccionar, higienización y desinfección). Actualmente, con softwares como Revit, esto debería quedar mucho mejor acotado, pero claro, para eso hay que conocer la legislación y no meramente el programa además de que NO todo viene reflejado en normativa y conviene conocer los pormenores del trabajo que se tiene que realizar. Muchas veces olvidamos que no todo está en los libros y es importante “bajar a obra, mancharse y empaparse” para que lo que hagamos con los programas se refleje en facilidades para montaje, confort y mantenimiento.

Hemos visto unos casos sencillos, aunque la mejor opción sea siempre ventilar de manera directa mediante UTA a espacio interior y que la propia UTA disponga de una pequeña batería de agua, meramente para tratar el salto térmico del aire que no se logra alcanzar con el propio intercambiador energético (recuperador propiamente dicho). Existe otro caso (entre otros diversos) donde por una falta de planificación en el diseño puede generar problemas de mantenimiento, veamos uno en el que el intercambiador energético es rotativo (ver imagen inferior).





INTERCAMBIADOR ENERGÉTICO DE RUEDA de una UTA (imagen de la izquierda). Dicha rueda "gira" (imagen de la derecha) para recuperar la energía del aire que se expulsa al exterior.

Fuente: IDAE-Guía Técnica Ahorro y Recuperación de Energía en Instalaciones de Climatización

Si disponemos de una vista frontal de una UTA con recuperador rotativo, también denominado, de rueda, lo que no nos imaginamos es encontrar algo como lo que se puede apreciar en las siguientes imágenes



Fuente: Air Quality Protescan. Vista frontal de instalación real de una UTA con recuperador rotativo, de rueda

Si vemos la imagen en sección de la UTA anterior, los filtros se ubican en el interior de la misma, previos a la rueda propiamente dicha, precisamente para protegerla de contaminantes y que la función de recuperación energética sea óptima. Al ubicar los filtros por el exterior, además de que el aire no se filtra bien, en caso de lluvia se deteriorarán enormemente, mismo caso que al incidir la radiación solar, su deterioro será relativamente rápido.

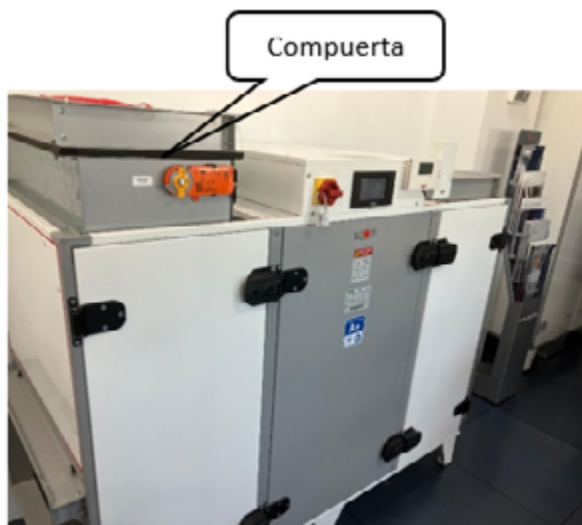
En el caso en el que desde el exterior de la UTA se observe la rueda, mientras esté funcionando el equipo, el intercambiador energético de rueda (rotativo) no se ensuciará en la parte visible, sin

embargo, si se para (por ejemplo, por tener un horario de funcionamiento), toda la suciedad pasará a esta rueda al ser visible y accesible. Girará al día siguiente al ponerse en funcionamiento de nuevo la UTA. Como consecuencia, el aire pasará un tiempo sin filtrar y la rueda quedará invalidada con bastante celeridad, no se recuperará energía (desde luego no tanta como se debe), el consumo del equipo será algo mayor y se tendrá que gastar más energía interiormente para refrigerar un edificio (mismo caso que para calefactarlo). Si nuevamente nos fijamos en la UTA en sección se puede observar cómo hay unas compuertas tanto en la entrada como en la expulsión de aire del exterior. La finalidad de estos elementos, compuertas, (generalmente motorizadas) es precisamente evitar el ensuciamiento de la rueda propiamente dicha e incluso salvaguardar los filtros interiores en la medida de lo posible (cuando el equipo, UTA, esté parado). Se busca proteger, entre otros, el intercambiador energético (rueda), para que su funcionamiento sea siempre el óptimo, con ello, el consumo eléctrico y energético de las unidades interiores (fancoils, unidades de refrigerante variable o similares). Siempre que esté el sistema en funcionamiento en perfecto estado, el consumo será menor que si el intercambiador energético está sucio. La rueda lo que hace es recuperar energía, si esa energía no se recupera o en menor medida, el suplemento extra lo darán las unidades interiores para lograr el confort. Hay que indicar que, si la rueda está sucia, el consumo de la UTA en realidad será también algo mayor ya que el aire debe pasar por los poros del intercambiador energético rotativo, es decir, el aire a su paso encontrará más rozamiento, como consecuencia habrá un mayor consumo, consumo adicional.

Veamos las siguientes imágenes:



Climatizador CLK-Evo de Wolf (existen diferentes variantes). Fuente: Wolf Ibérica



Climatizador CLK-Evo de Wolf (Con Compuerta Motorizada). Fuente: Wolf Ibérica

Las imágenes previas se corresponden a dos series del mismo modelo del fabricante Wolf (UTA CLK-Evo), empresa de origen alemán. Se trata de equipos de ventilación que incorporan novedades tecnológicas importantes. La imagen de la derecha es el mismo equipo solo que en este caso dispone de compuerta motorizada, para el cierre y apertura cuando el equipo no se encuentra en funcionamiento o para cuando funcione, respectivamente, ubicada en la expulsión de aire al exterior. En la imagen de la derecha el modelo estaba expuesto en las instalaciones del propio fabricante si bien, perfectamente operativo, aunque el aire lo tomaba y expulsaba al ambiente interior (se trataba de un modelo de muestra). En este caso pudo observarse como la compuerta de expulsión de aire, cuando la UTA se apagaba, se cerraba, para evitar la entrada de contaminantes (evidentemente esto será más crítico en una instalación real). Al arrancar la UTA, la misma NO lo hacía de inmediato, lo primero que hacía era abrir gradualmente la compuerta y a la vez, lentamente, el ventilador iba tomando revoluciones de manera que su funcionamiento estaba totalmente condicionado a que la compuerta estuviera abierta, caso contrario, el equipo no funcionaba.

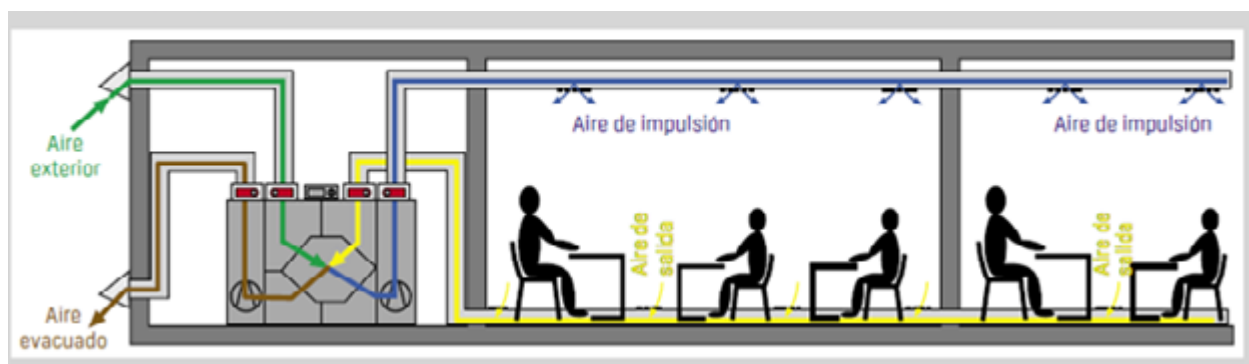


Climatizador CLK-Evo de Wolf (existen diferentes variantes). Indicación de las diferentes bocas de toma y expulsión de aire. Fuente: Wolf Ibérica



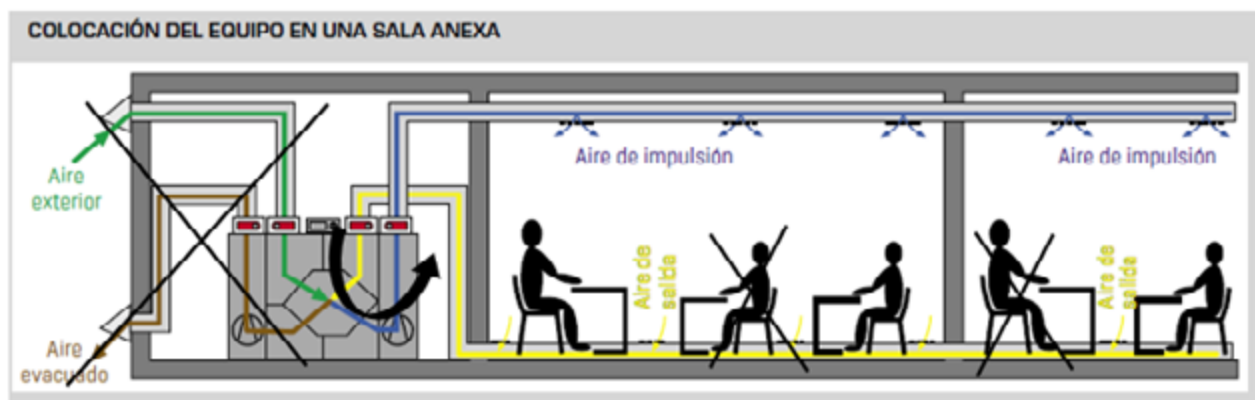
Climatizador CLK-Evo de Wolf (existen diferentes variantes). NUEVA variante con by-pass (marcado con flecha) que incorpora, para el modelo del by-pass, una nueva compuerta motorizada. Fuente: Wolf Ibérica

Imaginemos que se requiere ventilar y climatizar una oficina como la mostrada inferiormente donde está totalmente implantado el teletrabajo. Es un día de la semana, un miércoles, por ejemplo, la ocupación será una concreta y el equipo de climatización (la UTA) funciona aportando el aire climatizado al interior de cada estancia de manera que se recupera energía siendo el confort el adecuado. Por otro lado, al ventilar se mantienen los contaminantes bajo los niveles legalmente establecidos, incluso muy alejados de los valores límite permitidos. En este caso supondremos que la UTA dispone de batería de calentamiento y de enfriamiento, de manera que la propia UTA proporciona el confort a la sala (calor en invierno, frío en verano). Supongamos que estamos en verano, se aporta por lo tanto frío de refrigeración (aire acondicionado + ventilación)



Ejemplo climatización y ventilación de una oficina
Fuente: Wolf Ibérica

¿Qué ocurriría si en vez de ser un miércoles con una ocupación prácticamente total de todas las salas fuera un lunes, donde los trabajadores se han quedado en sus casas por tener teletrabajo, siendo la ocupación de las salas muy inferior? Para responder, veamos la siguiente imagen



Ejemplo climatización de una oficina suponiendo una ocupación muy inferior, aplicando el by-pass para un enfriamiento más rápido de manera que el consumo energético sea mínimo.
Fuente: Wolf Ibérica

En este caso, la ocupación de las salas es mucho menor y en la UTA se está utilizando el by-pass de recirculación. Al haber muchos menos ocupantes, los contaminantes no serán tan abundantes ni se generarán tan rápidamente en comparación con un día de notable ocupación (el CO₂ entre ellos). Por otro lado, al haber estado parado el edificio el fin de semana, a su vez la ventilación y la climatización, la UTA requiere de un consumo energético extra para enfriar (refrigerar). Si se emplea el by-pass (marcado con la flecha), especialmente una o dos horas antes de que haya ocupación, por un lado, la energía para enfriar las salas será menor al no emplear aire exterior, por otro lado, los contaminantes, al haber menos ocupantes, igualmente los habrá en menor magnitud. Una vez alcanzada la temperatura de confort entraría en funcionamiento la ventilación de aire exterior de la UTA (aconsejable emplear medidores de calidad del aire para que la ventilación adicionalmente se adapte a los contaminantes, por ende, a la ocupación de las personas en el interior). Con ello se logra, por un lado,

ahorros energéticos importantes, por otro, que la UTA prolongue parte de su vida útil, máxime si esto que hemos indicado se repite en el tiempo. Pensemos no solo en oficinas y teletrabajo, este mismo ejemplo puede darse en tiendas (retail) de todo tipo donde por las mañanas la ocupación sea más bien baja al no tener tanta gente comprando. Al final, es aportar lo que se necesita en el momento que se necesita, optimizar los recursos necesarios en los momentos necesarios, la base de la sostenibilidad. Fabricantes que persiguen estos objetivos son los que realmente buscan lo indicado, aportándonos nuestro confort y seguridad. Nos falta, para terminar el artículo, el tema del mantenimiento más específicamente y las novedades. Para que ustedes puedan ver lo que los fabricantes hacen al respecto, en este caso, Wolf, se procede a realizar una entrevista al Señor Julián Pradillo, responsable a nivel España de Ingenierías, Prescripción y Dirección Técnica de “Wolf Ibérica Business Unit Clima y Ventilación”



En la imagen, de Izquierda a Derecha: Sr. Julián Pradillo, responsable en España de Ingenierías y Dirección Técnica de Wolf Ibérica; Sr. Josemi Jiménez, Ingeniero de Ventas en Wolf Ibérica; Laudelino Javier Sánchez de León Linares, Ingeniero y Consultor en Air Quality Prosecan (distribuidores en España y Portugal de GPS-Air).

CUESTIONARIO WOLF:

¿Quién es Julián Pradillo, a qué se dedica y cuáles son sus funciones?

En Wolf soy responsable Nacional de Prescripción, Ingenierías y Dirección Técnica en Wolf B.U. Climatización y ventilación

¿Qué es Wolf y qué representa?

Wolf es un fabricante alemán de equipos de climatización y ventilación que busca siempre la excelencia y las últimas novedades en sus equipos con una calidad contrastada y buscando siempre a máxima eficiencia.

-La pregunta es inevitable, después de saber la gama tan variada de equipos que dispone Wolf, **¿por qué se ventila y se apuesta por tener equipos de ventilación cada vez más eficientes?**

La ventilación es una necesidad que tienen los edificios que además ha cobrado una mayor concienciación después de la pandemia. El consumo energético de los edificios se tiene que ir reduciendo cada vez más según las últimas normativas y ahí es donde cobra importancia una ventilación eficiente.

-Hablemos de los sistemas HVAC destinados a la ventilación, en particular Wolf dispone de equipos de ventilación y climatización muy avanzados, aptos para todo tipo de entornos y edificios, desde hospitalarios a edificios CPD, comerciales, educacional, oficinas, incluso para actividades industriales. Cuéntanos, por favor, brevemente, las dos gamas que tenéis ya que tenéis diferenciado el sector residencial vivienda (privada) del resto de sistemas, **¿por qué es esto?**

Debido a que existen 2 normativas diferentes para edificios residencial (privado) y edificios no residenciales tenemos una gama de ventilación doméstica y una gama de ventilación industrial para el resto de las aplicaciones.

¿En qué consiste la Directiva ErP de Eco-Diseño y cómo se ha planteado para el diseño, construcción y mantenimiento de los equipos de ventilación y climatización de Wolf?

La Directiva de Ecodiseño asegura unos rendimientos mínimos en los recuperadores y una eficiencia mínima, consumo máximo en los ventiladores para eso existen fórmulas para asegurar estos rendimientos. Las unidades de ventilación industrial tienen que cumplir la Directiva ERP 1253/2014 y las unidades domésticas a su vez tienen que cumplir la Directiva de Etiquetado energético 1254/2014. Actualmente esta norma está en revisión para su nueva redacción en breve.

Tenéis nueva gama de climatizadores, en particular hablamos de los modelos CKL-EVO, antes de profundizar, **¿nos podrías hacer por favor una descripción del equipo y las diversas utilidades que puede tener?**

Las unidades CKL Evo son recuperadores con un intercambiador de placas optimizado al máximo con grandes posibilidades con un acabado higiénico según la VDI 6022 y que tienen un control muy completo.

Estos equipos incorporan compuertas varias, incluso alguna innovación, **¿nos puedes describir qué innovaciones presenta este equipo y para qué se emplean estas compuertas?**

La compuertas son Clase 2 para asegurar una estanqueidad una vez que para o se produce el bypass en el recuperador por free-cooling..El nuevo software va a permitir ver la energía recuperada frente a la energía convencional que sería necesaria y mantener un histórico .Los nuevos ventiladores van a tener un sensor de vibraciones para un mantenimiento predictivo e integra el consumo eléctrico y con nuestro sistema Wolf Ilnk Pro permite acceder desde móvil y recibir alarmas de todo tipo.

Los alemanes, tradicionalmente, tienen fama de ser muy metódicos y disciplinados haciendo las cosas, lo cual se traduce en calidad y bienestar para las personas. Conocemos que, para el sector alimentario, cárnico en particular, estáis estudiando la incorporación de luces ultravioleta en el interior de la UTA. **¿dispone de alguna protección adicional los diversos componentes interiores que pueda haber dentro del equipo?** Esta pregunta viene al hilo de que, durante la pandemia, una de las posibles soluciones que se planteaban a nivel mundial era el empleo de este tipo de luces, sin embargo, vosotros, por lo que tenemos entendido, habéis pretendido llegar aún más lejos, es decir, hacer las cosas bien y de manera rigurosa. Explícanos por favor.

La radiación ultravioleta es muy potente y los cables que llegan a las lámparas deben de ser especiales ya que el plástico convencional es dañado con la exposición prolongada a la radiación, además, se tiene en cuenta la velocidad de paso, la dosis, y dejar las superficies interiores en galvanizado para generar efecto albedo para y que la radiación se refleje en todas direcciones. Las secciones con compuertas que desconectan las lámparas en su apertura y el control avisa de mantenimiento de las lámparas.



Filtro de Lámparas Ultra-Violeta.
Fuente: Wolf Ibérica

Filtro UV

- Gran eficacia de la desinfección contra una amplia gama de microorganismos, incluidos los resistentes al cloro, tales como virusa y quistes de protozoos.
- No afecta a las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del agua y de aire, no forma subproductos, sin riesgo de sobredosis.
- Bajos costes de inversión, energía y operación.
- Las lámparas ultravioletas son compactas y fáciles de usar.

Los mantenimientos, para tratar de minimizarlos y mejorarlos, qué recomendáis por lo general para los diferentes modelos y, **¿disponéis de alguna innovación al respecto?**

El sistema Wolf Link Pro te permite grabar el comportamiento de la unidad y establecer estrategias para optimizar uso y mantenimiento.

Ahora una pregunta más singular, dirigida hacia la descarbonización, ¿os han planteado alguna vez que deis el coste total y operacional del equipo, no el precio inicial meramente, el coste inicial más el del consumo estimado energético a lo largo de su vida útil más el coste del equipo en consumibles a lo largo de la vida útil igualmente sin incluir, obviamente, el costo de la mano de obra ni de posibles reparaciones? Esta pregunta se focaliza en que el cliente final sepa lo que le va a costar inicialmente su máquina más una estimación (obviamente estimación), del consumo en energía que tendrá la máquina durante su vida útil, así como en consumibles (filtros principalmente). Esto le dará una visión mucho más global de lo que se podría gastar en esa máquina desde que la compra, mientras esté puesta en su edificio y hasta que sea el momento de retirarla. Debido al coste inicial, la máquina podría ser rechazada frente a otra con un coste inicial más barato pero que en el coste total,

incluyendo estos otros costes asociados, podría ser justo lo contrario. Obviamente el coste del equipo operacional, para diversos fabricantes, debería darse en las mismas condiciones. **¿Sabes si esto está legislado de algún modo?**

Nuestro objetivo va a ser informar de todos los costes a lo largo del ciclo de vida del producto para que el cliente tenga una visión global y pueda tomar una decisión no solo basándose en el coste inicial. Con este objetivo estamos desarrollando potentes herramientas que tenemos que implementar a nivel individual ya que cada unidad es un ejemplo distinto por localización, uso, etc.

Finalmente, si hubiera una posible tecnología, como la ionización bipolar suave de GPS-Air, que pudiera complimentar vuestros equipos y tecnología, **¿consideraríais la posibilidad de incorporarla?** Hay que pensar que igual el coste total, al hilo de la pregunta anterior, podría ser inferior a la de otros equipos similares sin esta tecnología. La pregunta siguiente es obvia, si os lo planteáis, **¿por qué?**

Por supuesto Wolf siempre está abierto a las nuevas tecnologías y la posibilidad de incorporar ionización bipolar es una opción para mejorar la calidad interior en los edificios que está creciendo y viene para quedarse.



Sobre el autor: Laudelino Javier Sánchez de León Linares

Ingeniero Técnico y de Grado Industrial, especializado en calidad del aire, eficiencia energética, sostenibilidad y protección contra incendios. Evaluador Acreditado VERDE (GBCe, Green Building Council España), Passivhaus Designer, Consultor en Calidad del Aire y Seguridad Ambiental para Prorescan (empresa de seguridad ambiental española).

Bibliografía:

- IDAE-Guía Técnica Instalaciones de climatización por agua
- IDAE-Guía Ahorro de energía mediante enfriamiento gratuito y recuperador de calor con humectador adiabático en la extracción
- IDAE-Guía Técnica Ahorro y Recuperación de Energía en Instalaciones de Climatización
- Air Quality Prorescan. AIR QUALITY PRORESCAN / PROJECT 360º
- Wolf Iberia. Recuperador CKL EVO. CKL Evo | Equipo de ventilación y recuperación compacto WOLF
- Novedades WOLF | Recuperadores CKL evo, CRL y CFL (youtube.com)

Publica tu artículo técnico

Te invitamos a enviar tu artículo técnico no comercial para ser considerados en la próxima edición de nuestra revista.

Si tienes contenido relevante y de calidad, envíalo a:

articulos@predictiva21.com

¡Esperamos contar con tu valiosa contribución!



