

# PREDICTIVA 21

## **ANÁLISIS RAM**

COMO HERRAMIENTA PARA  
LA GESTIÓN DE ACTIVOS FISICOS

## **RESOLUCIÓN DE FALLAS RECURRENTE DE ALTO IMPACTO**

EN COMPRESORES RECIPROCANTES  
COMPLEJOS, USANDO ACR

## **CERTIFICACIONES Y DIPLOMAS EN MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD**

## **AUDITORÍA Y GESTIÓN ENERGÉTICA**

APLICADA EN LA INDUSTRIA MADERERA

## **MONITOREO DE CONDICIÓN Y ASUNTOS DEL CORAZÓN:**

ESCUCHE AL DOCTOR BOB Y HAGA COMO LARRY

## **WIRAM:**

EL LADO FEMENINO DE LA  
INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO

## **IMC 2016**

REUNIÓ A LÍDERES DEL  
MANTENIMIENTO MUNDIAL



## JUNTA DIRECTIVA

**Publisher / Editor:**

Enrique González  
[enrique.gonzález@predictiva21.com](mailto:enrique.gonzález@predictiva21.com)

**Director de Mercadeo:**

Miguel Guzmán  
[miguel.guzman@predictiva21.com](mailto:miguel.guzman@predictiva21.com)

**Directora Editorial:**

Alimey Díaz  
[alimey.diaz@predictiva21.com](mailto:alimey.diaz@predictiva21.com)

**Periodista Editor:**

Maite Aguirrezabala  
[maite.aguirrezabala@predictiva21.com](mailto:maite.aguirrezabala@predictiva21.com)

**Diseño y Diagramación:**

Sophia Méndez  
[sophia.mendez@predictiva21.com](mailto:sophia.mendez@predictiva21.com)

**Digitalización y Web Master:**

Edgarmis Villarroel

**Community Manager:**

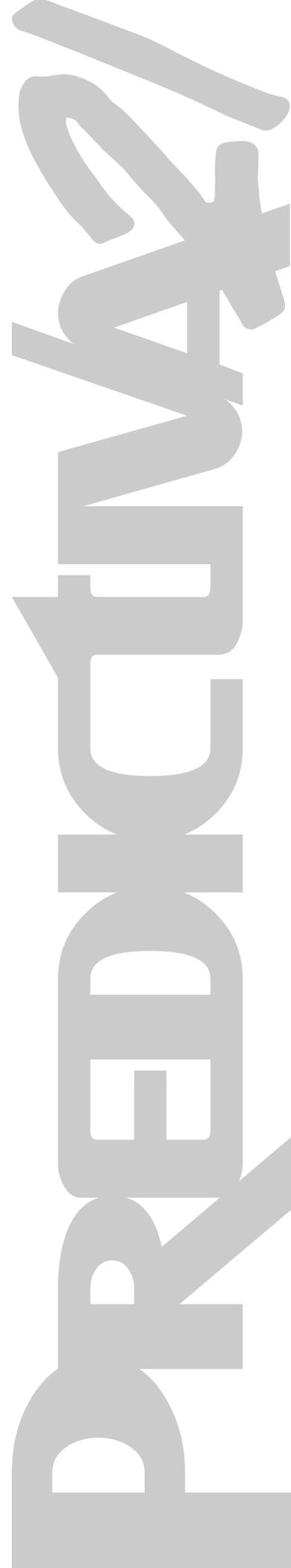
Daniela Angulo  
[daniela.angulo@predictiva21.com](mailto:daniela.angulo@predictiva21.com)

**Colaboradores:**

VÍCTOR D. MANRÍQUEZ  
ERNESTO PRIMERA  
JOSÉ DANIEL ARISTIMUÑO  
LIAM DOYLE  
OSBERTO DÍAZ  
ALEXIS R. SUÁREZ T.  
ALEXIS LÁREZ ALCÁZAREZ  
LUIS AMENDOLA  
GERARDO TRUJILLO  
JUAN CARLOS OVANDO SIERRA  
MAURICIO IVÁN HUCHÍN MISS  
MARGARITA CASTILLO TÉLLEZ  
MIGUEL J. MARTÍNEZ RUIZ  
FRANCISCO LEZAMA ZÁRRAGA  
BRAU CLEMENZA  
ALVARO ALFONZO

---

*Predictiva21 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.*





RESPALDAMOS TU ENERGÍA  
ALIMENTAMOS TELECOMUNICACIONES

• ENERGÍA PARA TELECOMUNICACIONES •

• ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO •

• SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA •

• DATA CENTER •

NP CONSULTING ✉ [INFO@NPCCONSULTING.COM.UY](mailto:INFO@NPCCONSULTING.COM.UY) ☎ +598 987 40050 +54 9351 2513192

[www.npcconsulting.com.uy](http://www.npcconsulting.com.uy)

# INDICE

**07** | EDITORIAL

**08** | **EMS participa en Jornadas Técnicas de Mantenimiento Furril 2016**  
Nota de prensa

**12** | **12º Congreso URUMAN 2016 reunió a líderes panamericanos del Mantenimiento, la Gestión de Activos y la Confiabilidad**  
Nota de prensa

**16** | **La gestión del conocimiento como parte de la gestión de activos**  
Artículo Técnico

**22** | **¿Usted es un Baby Boomer, Generación X o Millenial?**  
Artículo

**26** | **Certificaciones y Diplomas en Mantenimiento y Confiabilidad**  
Artículo Técnico

**38** | **IMC 2016 reunió a líderes del mantenimiento mundial**  
Nota de prensa

**40** | **Condition Monitoring & Matters of the Heart: Listen to Doctor Bob and make like Larry.**  
Article

**43** | EVENTOS

**44** | **Análisis RAM como Herramienta para la Gestión de Activos Físicos: Un caso de Aplicación Industrial.**  
Artículo Técnico

**53** | **Monitoreo de Condición y Asuntos del Corazón: Escuche al Doctor Bob y haga como Larry.**  
Artículo

**56** | **WIRAM: El lado femenino de la ingeniería en mantenimiento**  
Entrevista

**60** | **Finaliza con éxito la edición de La Semana del Facility Management en San José, Costa Rica: una nueva asociación en el mapa del FM.**  
Nota de prensa

**62** | **Resolución de fallas recurrentes de alto impacto en componentes de compresores recíprocos complejos, usando la metodología Análisis Causa Raíz (ACR), basada en los criterios de Gestión de Gerencia de Activos y Norma ISO-55000-2014**  
Artículo Técnico

**78** | **Industria 4.0: Etica y sociedad en la nueva revolución industrial**  
Artículo

**82** | **Importancia de medir el desempeño del Sistema de Gestión de Activos, según la ISO 55001,2014**  
Artículo Técnico

**92** | **Innovation & Creativity in Asset Management Pasos para diseñar un plan estratégico de gestión de activos "Strategic Asset Management Plan" ISO 55001**  
Artículo Técnico

**99** | **Encuesta latinoamericana del estado de la lubricación en la industria**  
Nota de prensa

**102** | **Auditoría y Gestión Energética Aplicada en la Industria Maderera**  
Artículo Técnico

**108** | **SMED: estrategia que contribuye al éxito en labores de mantenimiento**  
Artículo

**110** | **Ingeniería de la colaboración totalmente integrada**  
Artículo



E&M Solutions International, S.A.

EMS te brinda lo que quieres para  
tu empresa en mantenimiento  
y gestión de activos.

## Y ahora canaliza tus necesidades desde Panamá

En nuestras nuevas oficinas recreamos y desarrollamos los planes de mantenimiento para toda centroamérica y el Caribe. Con el respaldo de una larga experiencia y el empuje de sus profesionales, EMS se consolida como la opción perfecta para el cuidado de tus activos físicos.

EMS soluciones especializadas de Ingeniería y Gestión de Activos, ahora en Panamá.

Ubicados en: Torre de Las Américas, Torre B, Piso 15, Punta Pacífica, Panamá.

Contáctanos:

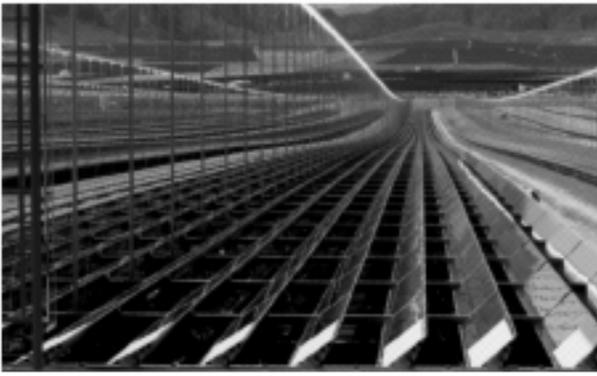
E&M Solutions 

@eym\_solutions 

[www.eymsolutions.com](http://www.eymsolutions.com) 

[corporatepanama@eymsolution.com](mailto:corporatepanama@eymsolution.com) 

Foto:  
©Hanami Sohn



**INGENIERÍA**  
**GESTIÓN DE ACTIVOS**  
**CONFIABILIDAD**  
**MONITOREO DE CONDICIÓN**



**Proveemos Soluciones  
orientadas a mejorar  
la Seguridad, Rendimiento,  
Confiabilidad y Costos durante  
el Ciclo de Vida de sus Activos**

Soluciones de Ingeniería  
y Mantenimiento, S.L.  
Paseo de la Castellana, 95, 15ª 28046  
Madrid ESPAÑA

**www.sim-sl.com**  
**+34 914 185 070**  
**+34 917 577 400**  
**info@sim-sl.com**

## **BIENVENIDO 2017**

Cada final de año es también el inicio de uno nuevo. De manera simultánea, cerramos un ciclo y damos paso a otro, como parte de la eterna danza transformadora que conforma la existencia humana. 2016 ha sido, como no, un año muy interesante, lleno de cambios, retos y desafíos. Al cierre, el (inevitable) balance resulta positivo, pues hemos crecido como proyecto editorial, aumentando nuestro alcance y poniendo el listón cada vez más alto. El 2017, aún en brumas, se dibuja como la promesa del futuro que está por construirse aún. Porque así es el futuro: aquello que resulta de las elecciones del presente. En esta edición, elaborada para ustedes con todo el compromiso del que somos capaces, presentamos interesantes trabajos de investigación, jornadas y congresos (resultado del esfuerzo mancomunado de los mantenedores en varias partes del mundo), entrevistas con profesionales que marcan la diferencia, y artículos sobre las nuevas tendencias y preocupaciones éticas de nuestro sector. El mantenimiento sigue siendo una ciencia en evolución, y nosotros, como medio de comunicación, evolucionamos con ella, siempre llevando a ustedes lo más novedoso, interesante y noble del asset management. Esperamos que esta edición sea de su agrado, y reciban un caluroso saludo desde Predictiva21, agradeciéndoles siempre su deferencia, y deseándoles un venturoso 2017.

**Enrique González**  
Director



## PARTICIPA EN



***¡La empresa venezolana pudo mostrar sus servicios, socializar y establecer relaciones con los asistentes y otras organizaciones expositoras!***

Bajo la premisa de impartir y difundir conocimientos acerca del mantenimiento, la empresa E&M Solutions participó como expositor en las Jornadas Técnicas de Mantenimiento Furrial 2016, organizadas por la Gerencia de Mantenimiento División El Furrial de Petróleos de Venezuela, desarrolladas del 14 al 16 de diciembre en la sede principal de la división, edificio ESEM, en Maturín, capital del estado Monagas.

Francisco Barreca, Ingeniero en Confiabilidad y especialista en el área de procesos de EMS, fue el encargado de presentar el caso práctico “Análisis de la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (RAM) de los sistemas de crudo, gas y agua de una planta procesadora de hidrocarburos”.

Tres días de ponencias técnicas, networking y actividades deportivas englobaron este evento, cuyo objetivo principal se centró mostrar el esfuerzo que realizan a diario los trabajadores de mantenimiento de PDVSA, cuya misión es mantener las instalaciones, sistemas y equipos asociados a los procesos de producción de crudo y manejo de gas y agua de la División El Furrial de manera confiable, segura, en armonía con el ambiente, con responsabilidad y aplicando las mejores prácticas del mantenimiento de clase mundial.

“A través de estas jornadas buscamos transferir conocimientos técnicos a

nuestros trabajadores de mantenimiento, mediante ponencias y presentaciones que muestran cada uno de los procesos de nuestras plantas del Furrial” expresó Luis Fernández, Gerente de Mantenimiento División El Furrial.

Indicó además que la visión de la Gerencia de Mantenimiento es ser reconocida como una organización mundial en el mantenimiento de instalaciones, sistemas y equipos asociados a los procesos de producción de crudo, manejo de gas y agua en la industria petrolera.

Robiro Molina, subgerente de Operaciones de la División Furrial, indicó que las Jornadas tienen gran significado para los trabajadores y profesionales de PDVSA, por cuanto son el escenario idóneo para mostrar los avances, innovaciones y alcance de los proyectos en ejecución, así como los resultados de los trabajos de campo.

“Estas jornadas ya son una tradición, y son muy esperadas por todos los trabajadores. Luego de un paréntesis de tres años, las hemos retomado. Es un gran logro para la Gerencia de Mantenimiento, y pese a las limitaciones económicas y retos financieros que podamos estar atravesando, hemos tenido importantes avances, al desarrollar el talento local para llevar a cabo tareas que anteriormente eran efectuadas por personal extranjero” –destacó Molina.

Asimismo, hizo énfasis en la importancia de compartir e intercambiar experiencias y lecciones aprendidas con empresas de larga trayectoria como GE, EMS o la UNEXPO, así como todo lo referente a la transferencia de tecnología.

## EXPOSITORES Y PARTICIPANTES

Francisco Morales, gerente de Venta de Oil & Gas Bentley Nevada, expresó que las jornadas son una oportunidad para acercarse a los clientes finales, a fin de mostrar soluciones y prácticas de GE que resultan altamente ventajosas, además de las posibilidades de realizar el mercadeo y networking relacionados con este tipo de actividades. De igual forma, su presencia en el evento confirma la confianza de GE en Venezuela y en PDVSA como su cliente principal. Para el 2017, la transnacional prevé permanecer en el país, desarrollando sus actividades habituales. Vale destacar que recientemente se firmó un contrato de representación entre esta empresa y EMS, en donde esta última será representante de productos GE y el brazo ejecutor del balance of plant, con lo cual esperan tener mayor presencia en mercados no tradicionales.

Por su parte Humberto Mota, de la Superintendencia de Mantenimiento Operativo, presentó la ponencia **"Evaluación de falla en las secciones de escape del motor recíprocante de la Unidad Motocompresora C-4 de la Planta Compresora Orocual 2"**, en donde detalló las mejoras que trabajadores de la Gerencia de Mantenimiento Operacional realizaron al motor recíprocante de la Unidad Motocompresora C-4 de la Planta Compresora Orocual 2, ubicada en el Complejo Operativo Orocual.

Esta exposición mostró una evaluación de fallas en la secciones de escape de los motores de combustión interna, específicamente un motor recíprocante

marca Waukesha, modelo 9390 de 16 cilindros, cuyo equipo fallaba de manera recurrente. **"Decidimos hacer un análisis de estas secciones de escape, la cual tenía fallas muy recurrentes, además de generar altos costos de mantenimiento**, lo que incide en la quema de gas. Aplicamos acciones correctivas y mejoramos en un 80% la confiabilidad del equipo" –expresó Mota, poniendo de manifiesto el ingenio de los petroleros en la búsqueda de soluciones para apalancar las operaciones de la estatal petrolera.

A su vez Enma Ortigoza, quien pertenece a Supervisión Mayor del Sistema de Gestión Integral en Punta de Mata, presentó la ponencia "Directrices para la participación activa de las personas en los sistemas de calidad según ISO 20018". Ortigoza explicó que lo más importante dentro de una organización es que las personas asuman, además de sus responsabilidades habituales, la necesidad de aportar valor a la organización a la que pertenecen, a través de sus procesos diarios. "La disposición de ejecutar la política de calidad trasciende mi puesto de trabajo, transferir este conocimiento sobre la calidad, mejorar cada día, implantar metodologías y desarrollar proyectos de envergadura es básico para cualquier organización hoy en día, en donde la calidad es sumamente valorada" –destacó la especialista.

Entre las empresas que participaron se encuentran Metalock, General Electric, TH. Huggins, Servitecve, Focus Tecnología y la Universidad UNEXPO del estado Bolívar.

Durante las jornadas EMS estuvo presente en el área de stands, donde ingenieros, comerciales y técnicos tuvieron la oportunidad de interactuar con las demás empresas expositoras, además de hacer el trabajo de networking con los participantes del evento.



*Robiro Molina, sub Gte. Operaciones, (centro) n el stand de GE junto a Francisco Morales (izq.) Gte. Ventas de GE, y Jesús Rodríguez, Ing. Esp. Servicios de Campo.*



*Alejandro Villarroel, Ing. de EMS, en el stand durante las Jornadas de Mantenimiento Furrial 2016.*



*La UNEXPO, una de las universidades de vanguardia en mantenimiento, ingeniería e investigación, presente.*



*El equipo de PDVSA, con una impecable organización.*



*La UNEXPO, una de las universidades de vanguardia en mantenimiento, ingeniería e investigación, presente.*



*El equipo de EMS en las jornadas, Alejandro Villarroel, Gustavo Acuña, la analista comercial Rula Ibrahim y nuestro expositor (der) Ing. Francisco Barreca.*



*Representantes de EMS y GE en las Jornadas.*



*Predictiva21 presente en los eventos de Mantenimiento.*



*Un aspecto de las jornadas.*



*Luis Fernández, Gerente de Mantenimiento de la División Furrial durante el acto inaugural.*



*Luis Fernández, gerente de Mantenimiento División Furrial PDVSA, ofrece declaraciones a Predictiva21.*



*Miguel Alfredo Guzmán, Gte. Serv. Prof., Edgarmis Villarroel AIT, Gustavo Acuña Ing. Confiabilidad, Alimey Díaz, Dir. Información, posan junto al equipo de GE.*

TEXTO:  
MAITE AGUIRREZABALA. PREDICTIVA21

# 12 Congreso URUMAN 2016

CONFIABILIDAD Y GESTIÓN DE ACTIVOS PARA EL DESARROLLO COMPETITIVO PANAMERICANO

## Reunió a líderes panamericanos del Mantenimiento, la Gestión de Activos y la Confiabilidad

Del 9 al 11 de Noviembre pasado se celebró en Montevideo un nuevo Congreso de la Sociedad Uruguaya de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad (URUMAN), esta vez fue el Nro.12. Dicho evento fue elegido por el COPIMAN, Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento como sede de la conmemoración de su 30° Aniversario. Por dicha razón URUMAN tuvo el honor y la responsabilidad de recibir a tan distinguidos participantes. La ocasión resultó propicia para un nuevo encuentro donde no estuvo ausente el intercambio de información, opiniones, estudios, visiones y hasta sentimientos relacionados con la actividad del Mantenimiento, la Gestión de Activos y la Confiabilidad.

El 12° Congreso URUMAN 2016 contó también con la Declaración de Interés Nacional otorgada por el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) de Uruguay, además de la Declaración de Interés Departamental otorgada por la Intendencia de Montevideo.

Entre las principales actividades del Congreso se destacaron:

- Más de 20 presentaciones enfocadas en los temas claves del Mantenimiento, la Gestión de Activos y la Confiabilidad.
- La presencia de más de 30 expositores-patrocinadores proporcionando las

mejores soluciones para la actividad del sector.

- 2 cursos de primer nivel: "Mantenimiento Centrado en el Negocio" a cargo del Prof. Lourival Tavares y "Curso Facilitadores Apollo Análisis Causa Raíz" a cargo del Ing. Ind. Santiago Sotuyo, CMRP, CRL.

- 2 mesas redondas con importantes actores del sector tocando temas de actualidad.

Los días 7 y 8 de Noviembre se llevaron a cabo los cursos Pre-Congreso reseñados anteriormente.

### PRIMERA JORNADA

El Miércoles 10 a las 8.25 comenzó el plenario con las palabras de apertura del Presidente de URUMAN Ing. Ind. Santiago Sotuyo CMRP, CRL. A continuación se exhibió un video con un resumen de la actividad realizada por la Asociación desde el Congreso anterior a la fecha.

Acto seguido comenzó la primera exposición: "La Transformación Energética Uruguaya" a cargo de Ramón Méndez (Uruguay). En ella destacó algunos aspectos del proceso que siguió Uruguay en el proceso de cambio de su matriz energética. El resto del primer día transcurrió con las siguientes conferencias:

- Guillermo Sueiro (Argentina) nos habló sobre la evolución del RCM en "El RCM y el Concepto de Riesgo en el Marco de la ISO 55.000".

- Carlos González (COCLES S.A. - Uruguay) nos amplió información sobre el uso y las fallas características en la utilización de aire comprimido con "Reducción de Pérdidas, Eficiencia Energética y Seguridad Laboral".

- Santiago Sotuyo (Uruguay) a través de su presentación "Beneficios del Análisis RAMS en Proyectos de Inversión" puso el foco en la importancia fundamental de un buen estudio de Ingeniería en el diseño de Proyectos y como se debe tener en cuenta el costo del ciclo de vida entero y no solo el de la inversión inicial.

- Andrés Goremberg (Argentina) nos dejó una mirada sobre la actualidad y el futuro inmediato de la actividad industrial con su presentación "Industria 4.0 Desde una Mirada más Amplia a la Industria del Futuro".

- Eduardo Hernández y Pablo Fiallos (Ecuador) nos dejaron un interesante estudio de caso en "Incremento del Desempeño del Proceso de Clinckerización Mediante Análisis de Confiabilidad en la UCEM C.E.M".

- Julio Carvajal (Costa Rica), Presidente de COPIMAN, nos brindó un completo panorama sobre el T.P.M. con su conferencia "Mejoras Enfocadas".

- Javier González (Uruguay) ahondó en algunos problemas que surgen en la gestión de grupos humanos (y en sus posibles soluciones) con "PEOPLE INVOLVEMENT. Eficiencia, Integración, Comunicación".

- Francisco Tangari y Eduardo Lema (Uruguay) nos acercaron diversos estudios de casos reales de inspecciones de Grúas.

Por último en la Mesa sobre "Confiabilidad y Gestión de Activos en Logística" se pusieron varios temas en cuestión, entre otros: la importancia del mantenimiento en la ecuación general de las empresas en el campo logístico, los cambios culturales organizacionales, las motivaciones del personal, el sentido de la formación y la influencia sobre quienes toman las decisiones. Participaron de la misma Abdiel Pérez (Canal de Panamá), Fernando Puntigliano (Utilaje - Uruguay), Guillermo Jacobs (Christophersen - Uruguay) y el Presidente de

URUMAN Santiago Sotuyo (Arms Reliability), Actuó como moderador el periodista Alfredo Dante.

## SEGUNDA JORNADA DEL 12º CONGRESO URUMAN 2016

El día comenzó a todo "Lubricación", en la primera conferencia el Director de Noria Latinamerica Gerardo Trujillo (México) expuso "RCA y PMO Aplicados a la Lubricación" poniendo el foco en las ventajas que ofrecen dichos métodos y su aplicación en un caso real.

Siguió Gabriel Lucchiari (Lab. Lantos - Argentina) con "Lacas y Barnices en Compresores y Turbinas" brindando una síntesis completa y abarcadora del tema, además de detalles técnicos muy valiosos.

A continuación Nelson Cuello (Chile) con "Buena Prácticas en Eficiencia Energética ISO 50.000, un Caso de Éxito", nos acercó con detalles específicos y de una manera muy precisa cómo la aplicación de buenas prácticas trae necesariamente mejores resultados.

Continuaron las siguientes conferencias:

- Wesley Duarte (Brasil), "Uso de Aceites con Tecnología Sintética en la Industria"...Presente y futuro en el uso de lubricantes.

- Miguel Ruoti (Argentina), "Sistemas Contra Incendio de Edificios con Valor Patrimonial-Comisionamiento"... Casos reales: Aplicación de dichos sistemas en los Teatro Colón (Buenos Aires) y Solís (Montevideo).

- May.(R) Alvaro Misa (Uruguay), "Por qué un Sistema de Gestión de Seguridad Patrimonial"... La evolución de la Seguridad hasta hacerla parte de la gestión.

- Juan Pablo Alvarez "Gestión de Grandes superficies mediante un modelo inteligente"...La evolución del Autocad al servicio del gestor de activos.

Cerró la jornada la Mesa Redonda "Confiabilidad y Gestión de Activos para el Desarrollo

Competitivo Panamericano" con los delegados del COPIMAN representando a: Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, México, Panamá y Uruguay. En la misma el Presidente Saliente Ing. Julio Carvajal brindó un resumen de las actividades del comité en el período que está cerrando. A continuación se intercambiaron puntos de vista sobre los temas que más preocupan al sector: la aplicación de normas, el desarrollo de la profesión y la formación en cada país, el desarrollo de los comité nacionales, etc.

### TERCERA JORNADA DEL 12° CONGRESO URUMAN 2016

Comenzó el día Abdiel Pérez (Panamá) compartiendo una experiencia única a partir de la aplicación de las "Mejores Prácticas de Mantenimiento en el Canal de Panamá". Luego Daniel Domínguez y Francisco Tangari de SKILL (Uruguay) con la presentación "Monitoreo Continuo Espectral de Vibraciones Para la Evaluación de Riesgos en Interruptores Eléctricos de Media Tensión" nos dejaron en claro la importancia del estudio de vibraciones y como este es un fenómeno que aunque muchas veces no se percibe termina incidiendo en los resultados.

En tercer lugar Armando Díaz del Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento de Cuba mostró un estudio de caso con "Estudio de Confiabilidad Operacional como Soporte al Mantenimiento Aeronáutico en Cuba".

Juan Carlos Duarte (Colombia/Chile) con "Lo que Todo Gerente Debe Saber Sobre Gestión de Activos: Lecciones Aprendidas en la Industria Energética de América Latina" puso el acento en la necesidad de involucrar a los diversos públicos de la empresa (en todos los niveles) en las buenas prácticas de gestión de activos.

Emilio Píriz y Alfredo Trujillo (Uruguay) acercaron un exitoso caso de asociación estratégica "proveedor-cliente" con la conferencia "ODR: La confiabilidad dirigida por operarios".

Carolina Altmann (Uruguay) con "La efectividad en los Planes de Mantenimiento", analizó entre otras la relación entre lo que se define como Desempeño Operacional y el diseño y la aplicación del Plan de Mantenimiento.

Luis Urrutia (Guatemala) detalló aspectos imprescindibles a tener en cuenta a la hora de lubricar con "Aplicando el RCM al Proceso de Lubricación".

Ricardo Pauro (Argentina) trajo un estudio de caso concreto y ambicioso: la distribución de agua potable y el saneamiento en la ciudad de Buenos Aires, con la presentación "Transformación de Mantenimiento a Sistema Gestión de Activos en la Práctica".

Guillermo Piccardo (Argentina) aportó verdaderas e "Innovadoras Soluciones de Ahorro de Energía en Compresores, Bombas de Vacío y Generadores de Gases Industriales".

Pablo Cea (Uruguay) por su parte estableció pautas ciertas acerca de "Cómo Implementar el Departamento de Facility en una Organización en Funcionamiento".

El broche de oro lo puso el Prof. Lourival Tavares (Brasil) con "ISO 55000 Por Dónde Empezar".

El final del Congreso fue a toda humor con el show de Marcel Keroglian.

Luego algo muy esperado....los sorteos de varios regalos incluido un SmartTV Led.

URUMAN agradece a todos quienes hicieron posible este evento y saluda a los amigos de PREDICTIVA 21 por el apoyo que brinda en forma constante. Invita además a todos aquellos interesados a sumarse al próximo 13° Congreso URUMAN 2017 a celebrarse el 11 y 12 de Octubre de 2017 en Montevideo, en el Salón de Actos del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). Serán bienvenidos.

Más información, incluida la descarga de las presentaciones en [www.uruman.org](http://www.uruman.org)



# LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO COMO PARTE DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS

Muchas organizaciones han estado acostumbradas a recolectar y almacenar manualmente la data concerniente a las evaluaciones y reparaciones de sus activos. De hecho, esta data frecuentemente está almacenada en el lugar más accesible para la gente de mantenimiento, sus libretas personales. Estos "pequeños libros negros" son el recipiente de grandes cantidades de experiencia en mantenimiento y desafortunadamente, desaparece cuando el empleado se retira.

El año 2006 fue publicado un estudio por el Instituto Hudson sobre la fuerza laboral en USA, más del 30 a 40% del personal de mantenimiento se estaría jubilando en los próximos 5 años. En el año 2014, el estudio elaborado por la revista Plant Engineering y CFE Media sobre el mercado laboral en los Estados Unidos de Norteamérica, confirmó que la industria enfrentaba la escasez de personal de mantenimiento con las competencias requeridas.

Mientras tanto, menos personas llegan al campo del mantenimiento. Hay varias razones para esta tendencia, pero todas conducen a la

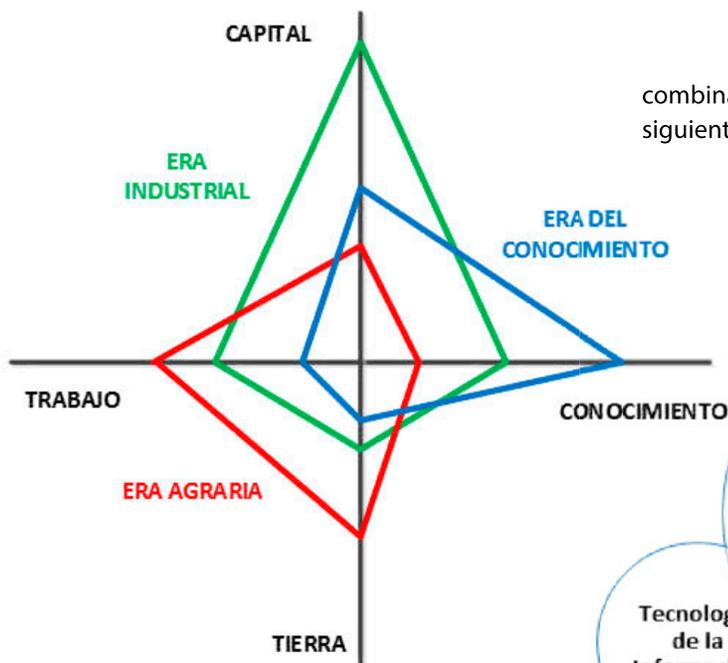
misma conclusión. Las organizaciones deben conseguir más con menos recursos.

El retiro de esta fuerza laboral está ejerciendo una presión no experimentada antes en las organizaciones. Muchos de estos profesionales y técnicos tienen entre 20 a 30 años de experiencia y muy poco se ha hecho para documentar lo que hacen, como lo hacen y lo que ellos conocen acerca de estos temas.

## La era del conocimiento

En 1979, Alvin Toffler publica su libro "La Tercera Ola", el que se convirtió en un best seller por la visión del futuro que proponía y que hoy es real. Toffler revisa la historia humana y describe como el mundo se desarrollará una vez que la era industrial sea sobrepasada.

Uno de los elementos centrales de la sociedad que Toffler previó es el conocimiento. En nuestra economía contemporánea, el recurso crucial es el conocimiento, porque opuesto a los recursos no renovables de la Tierra, que incluyen al capital, el conocimiento es inagotable, puede ser usado en muchas organizaciones y la gente genera más conocimiento.



**Figura 1 Evolución de la Sociedad**

Tres criterios deben cumplirse antes que la información sea considerada conocimiento:

- El conocimiento está conectado.
- El conocimiento promueve la acción.
- El conocimiento es aplicable en escenarios no previstos.

## Gestión del conocimiento

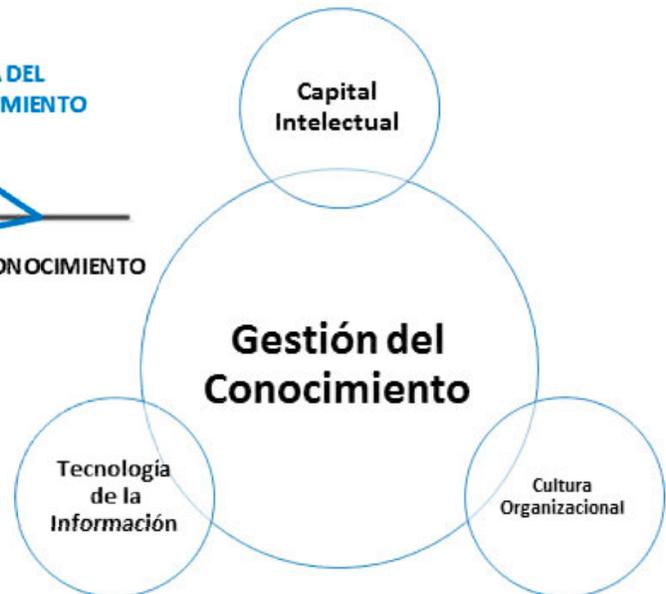
***“El conocimiento se ha convertido en el recurso económico clave y la fuente dominante –y quizás la única – de ventaja competitiva”.***

*Peter Drucker en “La Gerencia en Tiempos Difíciles”*

Como en todo concepto, teoría o sistema, podemos desarrollar teorías complicadas. Revisé varios textos y ensayos sobre KM con teorías y conceptos muy elaborados y mucha palabrería. Dejemos la jerga en paz. Aquí apuntaremos a los conceptos básicos requeridos para este documento.

¿A que nos referimos cuando hablamos de KM? Tres significados son frecuentemente

combinados, los que se muestran en la siguiente figura.



**Figura 3 Elementos de la Gestión del Conocimiento**

- **Capital Intelectual:** El valor del Know-How de la compañía, las patentes y las marcas registradas.
- **Cultura Organizacional:** El impulso de una cultura organizacional orientada a compartir el conocimiento y trabajo cooperativo.
- **Tecnología de la información:** La implementación de mecanismos que faciliten la generación de acceso al conocimiento que es producido dentro de la organización.

Citaremos la definición de Carl Frappaolo en su libro “Knowledge Management”: “KM es el aprovechamiento de la sabiduría colectiva para incrementar la capacidad de respuesta y la innovación”. La promesa y el interés en el KM radica no solo en el conocimiento per se – sino en ser capaz de actuar creativamente basado en este conocimiento.

***“Un pequeño conocimiento en acción vale que mucho conocimiento sin uso”***  
*Kahlil Gibran, El Profeta*

### Complejidad del conocimiento

Todo el conocimiento puede ser clasificado de acuerdo con su complejidad de explícito a tácito. Fue Michael Polanyi como se explicó previamente, que en 1966 en su libro "The Tacit Dimension", distinguió estos dos tipos de conocimiento.



Figura 4: Tipos de Conocimiento

El conocimiento explícito es el conocimiento que está articulado en un lenguaje formal y es fácilmente transmitido entre los individuos tanto de manera sincronizada como desincronizada.

De otro lado, el conocimiento tácito es el conocimiento personal incluido en la experiencia individual y que implica factores intangibles como las creencias personales, la perspectiva, el instinto y los valores.

Una analogía común para representar la relación entre conocimiento explícito y conocimiento tácito es la analogía del iceberg.



Figura 5: Analogía del Iceberg y el Conocimiento

### Impacto de la KM en los negocios

La KM ha demostrado su impacto en los negocios. En una economía basada en el

conocimiento, la KM es el elemento crítico de una estrategia de negocios que permitirá que la organización acelere el ritmo al cual gestiona los desafíos y oportunidades del mercado, y así lo hace con el aprovechamiento del más preciosos de los recursos, el know-how colectivo, talento y experiencia – el capital intelectual.

Implementar un Sistema de KM trae algunos beneficios:

- Reducir la excesiva dependencia en el conocimiento tácito
- Minimizar la pérdida de capital intelectual
- Promover la creatividad y la innovación.
- Hacer la estructura más flexible
- Incrementar la capacidad y calidad de respuesta frente a los cambios
- Mejorar la calidad y eficiencia de la gestión.
- Mejorar la integración con las partes externas enlazadas (clientes, proveedores, socios comerciales)
- Facilitar el aprendizaje organizacional
- Facilitar las decisiones y reducir el riesgo

### Mantenimiento y la KM

**"El conocimiento existe en su mayor parte sólo en la aplicación"**  
*Peter Drucker*

Mantenimiento es una de las más prolíficas áreas produciendo conocimiento en la organización. Este conocimiento está presente en sus dos tipos: Explícito y Tácito. Como ejemplo, podemos mencionar:

- Manuales de instalación, operación, mantenimiento y servicios de equipos.
- Estándares, procedimientos, instrucciones, checklists.
- Registros históricos de los activos con detalles de las OT realizadas
- Reportes técnicos, de personal propio como de consultores externos o

proveedores de activos.

- Reportes periódicos del status del mantenimiento.
- Libros técnicos, tablas de referencia.
- Conocimiento del personal técnico.

## Conocimiento explícito en la gestión de mantenimiento

La KM del conocimiento explícito de mantenimiento no debería ser un gran problema; el conocimiento explícito será más un asunto de organización o clasificación. En nuestra experiencia hemos detectado que dependiendo en qué etapa del proyecto de una nueva planta es convocado el personal de mantenimiento y confiabilidad, este puede influir en las decisiones concernientes a los activos.

## Los principios de Mantenimiento y Confiabilidad están integrados en la ingeniería de diseño y proyecto (FEED)

Este es el escenario ideal. Los profesionales de mantenimiento y confiabilidad son integrados en la etapa de proyecto de la nueva planta. Así, ellos pueden dar sus puntos de vista acerca de la selección y compra de activos basándose en criterios de mantenimiento y confiabilidad. Adicionalmente, pueden contribuir especificando cual es la documentación y entrenamiento requeridos para la operación y mantenimiento de los activos.

Los checklists antes de la adquisición de activos para la facilidad proyectada deben incluir en la OC la documentación y entrenamiento obligatorios que el proveedor debe suministrar.

## Mantenimiento y Confiabilidad están considerados en la etapa de comisionamiento

En este escenario el personal de M&R es contratado y llamado a participar en el

comisionamiento de la nueva planta. Cuando recibimos una planta nueva luego de la conclusión del proyecto, debemos asegurar la apropiada interrelación con el personal de precomisionamiento y comisionamiento para garantizar que la información de los nuevos activos es la que necesitamos y es adecuada para ser transferida al personal de operaciones y mantenimiento.

Muchas veces los proveedores y contratistas proveen entrenamiento durante el comisionamiento. En primer lugar, este entrenamiento está relacionado con las desviaciones en el montaje de los equipos y la puesta en marcha, y en segundo lugar, este entrenamiento alcanza a mucho personal de la etapa de proyecto, el cual no pertenecerá al equipo de operaciones y mantenimiento.

No obstante, este es un buen momento para el personal de M & R para contactar a los profesionales del proveedor de los equipos para obtener la información que necesitarán para sus tareas futuras.

## Mantenimiento & Confiabilidad reciben una planta nueva o antigua

El escenario más frecuente. Debemos realizar un inventario y buscar la información con que ya contamos e identificar aquella que debemos solicitar a los proveedores.

Con una planta nueva, probablemente no será muy difícil obtener los manuales respectivos. Con equipo antiguo, probablemente requerirá un esfuerzo mayor y tiempo para reunir la información.

Aplicar un proceso de 5 S puede ser una buena idea para organizar la información y evitar manuales, documentos y planos obsoletos. Después de este proceso podríamos requerir la asistencia de un bibliotecólogo para diseñar un sistema que organice toda la información que poseemos en nuestra área de mantenimiento.

Ahora la externalización del conocimiento es la aplicación principal, porque implica dos funciones: captura y almacenamiento y clasificación u organización.

¿Qué hacer con la información obsoleta? Mi punto de vista particular, es enviarla inmediatamente al reciclaje o al incinerador porque esta información podría ser puesta por error en un lugar inapropiado y alguien puede usarla nuevamente y hacer una requisición para comprar o maquinar una pieza de repuesto de características incorrectas.

Esta información adicionada a nuestros procedimientos, estándares, instructivos, checklists, registros, etc., constituiría la línea base para el sistema de KM. Una pirámide de documentos como la que se utiliza para los sistemas de gestión de la calidad bajo ISO 9001 podría ser útil para la organización, si es que ya no la está utilizando.



*Figura 6: Pirámide de documentación*

### **El conocimiento tácito en la gestión de mantenimiento**

Tratar con el conocimiento explícito del mantenimiento es la parte fácil del proceso, pero ahora, que podemos hacer con el conocimiento explícito, aquel que está distribuido entre nuestro personal.

El conocimiento tácito debe ser internalizado, coexiste con la inteligencia y la experiencia y emana en los puntos donde las decisiones hechas. Por esta razón, el repositorio primario

para el conocimiento son los cerebros de las personas. Los “repositorios de conocimiento” basado en el papel y en medio digitales, son meramente puntos intermedios de almacenamiento para información en ruta entre las mentes de las personas. El personal técnico es el repositorio del Know-How y en muchas ocasiones del Know-Why también. Desde mi experiencia profesional, he observado que esto es especialmente válido en el proceso y tareas de la función mantenimiento.

La materia prima del capital intelectual – experiencia y Know-How – deben estar canalizados y ponerse a disposición, de otra manera la innovación puede estar restringida. ¿Dónde y cómo es capturado el capital intelectual? Nuestra tarea será capturar y monitorear cuerpos de capital intelectual en desarrollo y promover su aprovechamiento por comunidades en práctica. A continuación, presentamos algunas propuestas para gestionar el conocimiento tácito en mantenimiento.

### **Procedimientos**

La combinación de información exacta, registros completos y fotos ayudarán a transferir el conocimientos sobre los activos y las tareas de mantenimiento relacionadas. Esta transferencia de conocimiento puede darse con otro personal de la planta (como operadores o nuevos empleados) y/o con contratistas externos a través del entrenamiento específico en el trabajo y documentación específica de trabajo competente. La clave es gestionar apropiadamente la transferencia del conocimiento. Esta es una manera de asegurar que el trabajo está siendo realizado consistente y con calidad cada vez que se ejecuta. Documentar los procesos de trabajo y capturar el conocimiento poseído por los profesionales de mantenimiento es una necesidad. La organización puede referirse a ellos como procedimientos de mantenimiento, procedimientos estándares de operación o trabajo de procesos, requieren estar propiamente documentados.

## CMMS como repositorio

Hoy en día todas las operaciones de mantenimiento utilizan sistemas computarizados de gestión del mantenimiento (CMMS por sus siglas en inglés) para conducir sus tareas de mantenimiento. Cada documento de trabajo está al CMMS, de forma tal que cuando un PM es generado, una copia de las tareas documentadas de trabajo acompaña el documento. En la realidad, la información en estos sistemas no ha sido mantenida actualizada y precisa en el tiempo y hay más tareas generadas que las que personal para realizarlas.

Las tareas de trabajo generadas desde estos sistemas podrían estar pobremente documentadas y ofrecer pocas instrucciones. Cuando los profesionales de mantenimiento se retiran, el personal reemplazante no cuenta con el mismo conocimiento residente para realizar las tareas adecuadamente (asumiendo que el personal fue reemplazado). Documentar las tareas de trabajo en la forma apropiada permitirá que el negocio retenga y transfiera el conocimiento, mejora y actualice las prácticas históricas y permita mayor flexibilidad. En el largo plazo, el negocio necesita gestionar el conocimiento para ser un negocio viable en el tiempo.

## Programa de entrenamiento de aprendices

El método más costoso y consumidor de tiempo para reemplazar los trabajadores de mantenimiento es conducir programas de entrenamiento de aprendices. El beneficio es que puede emplearse trabajadores existentes que sean disciplinados, con buenos registros de asistencia y que entiendan los procesos de producción en sus puestos presentes. La desventaja es que estos programas pueden tomar de 3 a 4 años y pueden ser caros de conducir con respecto a los instructores y el material de entrenamiento. Para esta opción, al igual que en todas las opciones, ciertas

habilidades son requeridas. Antes de iniciar un programa de entrenamiento, debe asegurarse que los candidatos a entrenar tengan las habilidades requeridas para aprender lo que se les va a ofrecer.

## Gente experimentada como Mentor / Coach

Otra opción a evaluar es entrenar algunas personas experimentadas en mantenimiento como mentores para el proceso de compartir su conocimiento y entrenar al nuevo personal. Para que este sistema de KM sea autosostenible, debemos considerar la necesidad de preparar instructores internos, escogidos entre el personal de mantenimiento con la mayor experiencia y con las competencias para desarrollarse como mentor.

## Conclusiones

Es importante implementar un Sistema de KM, para registrar, mantener e innovar el conocimiento existente poseído por el personal mayor próximo a jubilarse y gestionar la transferencia hacia el nuevo personal por medio de procedimientos, enseñanza o guía. Especialmente el área de mantenimiento debe desarrollar mecanismos para preservar su capital intelectual, la mayoría de las veces diseminado entre el personal que eventualmente se retirará y se llevarán con ellos el conocimiento que poseen. Sería altamente recomendable incluir en las auditorías de la gestión de mantenimiento, un ítem correspondiente a evaluar el status de la KM. Adicionalmente, quizás una de las futuras (o presentes) competencias requeridas para un profesional de M&R será su aptitud para la enseñanza y la guía.

AUTOR;

**VÍCTOR D. MANRÍQUEZ**

*vmanriquez62@yahoo.es*

Ingeniero Mecánico.

CMRP, CAMA

Mag. Energías Renovables

Ingeniero Senior de Confiabilidad

Perú

## ¿USTED ES UN Baby Boomer, GENERACIÓN X o Millennial?



Esta muy bien podría ser una pregunta para romper el hielo durante un intento de iniciar una conversación informal, o quizás un ítem dentro de un cuestionario o interrogatorio personal. La respuesta bien podría inferirse tan sólo observando ciertas señales externas que revelen cuál de estos grupos generacionales es el indicado. Pero no lo dejemos al azar. Es cuestión de analizar las características que definen a cada una de estas categorías.

Antes de entrar en detalle, es preciso enfatizar sobre el hecho de que no a todo el mundo le gusta ser encerrado dentro de un grupo, por aquello de sentirse libres, sin atadura alguna a conceptos limitantes. Esta clasificación generacional, por llamarla de algún modo, surge como consecuencia de un contexto histórico particular digno de ser analizado, y querámoslo o no, nos define de algún modo. Estos parámetros sociales responden a una visión de la realidad desde una perspectiva relacionada con valores y aptitudes profesionales específicas, las cuales paso a desglosar brevemente:

### •BABY BOOMER:

En este grupo encontraremos a aquellos que nacieron a principio de los años 60 (entre los cuales me incluyo). Es la generación que incluye a quienes ya son considerados “adultos mayores”, y su nombre deriva del

“boom” o explosión de nacimientos acontecidos durante el segundo y tercer cuarto del siglo XX, luego de la Segunda Guerra Mundial. Dentro de este grupo hay una referencia específica hacia los Alpha Boomers y Golden Boomers, es decir, aquellos considerados líderes mundiales durante los noventas.

Los miembros de este grupo tienen valores en cierto modo conservadores, en cuanto a la conformación de la familia por una pareja heterosexual, prefieren leer periódicos impresos, y a nivel empresarial, son considerados productivos, les gusta trabajar en equipo, son dedicados y sirven de mentores. En contraste, son menos adaptables y menos colaborativos.

### •GENERACIÓN X:

Se ubica entre mediados de los 60’s y llega hasta los nacidos en los 80’s. No tienen tanta presencia ejecutiva como los BB, pero poseen mayor capacidad de generar ingresos y de adaptabilidad. Son los que más aptos para resolver problemas y pueden establecer relaciones con mayor facilidad y colaborar si se les requiere. Esto les permite destacarse por sus habilidades gerenciales, aunque no tienen mucha presencia ejecutiva.

### •MILLENNIALS:

Nacidos entre los 80’ y mediados de los 90’s,

tienden a ser entusiastas, hábiles en el manejo de tecnología, emprendedores y saben aprovechar las oportunidades. Tienen baja presencia ejecutiva, no tienen tan alta capacidad para generar ingresos ni resolver problemas como las otras generaciones. No les gusta esforzarse mucho, y se obsesionan consigo mismos.

Según el reporte de Tendencias Digitales Conecta tu marca con los millennials, actualmente en Latinoamérica un 30 % de la población es millennial. Y según una proyección de la consultora Deloitte, en 2025, representarán el 75 % de la fuerza laboral del mundo.

Con respecto a estos, pudiera haber ideas encontradas. Por ejemplo, según el Foro Económico Mundial, 54% de millenials e n t r e v i s t a d o s consideran la compensación financiera uno de los tres criterios más importantes al considerar un trabajo, comparado con un 45% que valorizan más el desarrollo en la carrera, y 37% que piensan que tener un sentido de propósito es el factor más importante.

A la final, ellos son diferentes en todos lados. En cada región del mundo, menos en los Estados Unidos, la mayoría de estos jóvenes ve el salario como uno de los factores más importantes en el trabajo. Pero en las economías en desarrollo, los valores pueden cambiar en el sentido de un mayor interés por proveer a la comunidad.

En cuanto a su alta capacidad tecnológica, se caracterizan por dominar la tecnología como una prolongación de su propio cuerpo. Casi todas sus relaciones básicas cotidianas están intermediadas por una pantalla. Para ellos, realidad y virtualidad son dos caras de la misma

moneda. On y Off están integrados. Prefieren internet a la TV convencional. El 59 % ve películas por internet y el 46 % televisión, también a través de internet, un porcentaje sensiblemente más alto que en otros grupos de edad. Es evidente que ni el prime time ni la publicidad clásica son buenas estrategias para llegar a este colectivo.

### MULTIPANTALLA Y MULTIDISPOSITIVO

Utilizan múltiples canales y dispositivos digitales para sus actividades. Tienen un comportamiento multi-tasking, es decir, con capacidad (o necesidad) de hacer varias cosas a la vez. Esto es así especialmente en Latinoamérica donde los consumidores son mucho más multipantalla, que en otras regiones. Según AdReaction: Marketing in a multiscreen world, de Millward Brown, en promedio, dedican alrededor de 7 horas al día para la conectarse online, utilizando múltiples pantallas digitales, lo que supone un 5 % más que el promedio mundial.



Las empresas deben utilizar una amplia gama de canales y dispositivos y mantener una comunicación y experiencia de cliente consistente y bien orquestada entre ellos. Es lo que se denomina omnicanalidad, no se trata sólo de poder interactuar a través de cualquier canal, sino de poder cambiar de uno a otro (o incluso utilizar varios a la vez). Las estrategias integradas (on y offline), la concepción multiplataforma y la narrativa transmedia se impondrán en la comunicación. Aunque no hablamos únicamente de nuevos formatos y soportes, sino de nuevas formas de comunicación y de otro lenguaje.

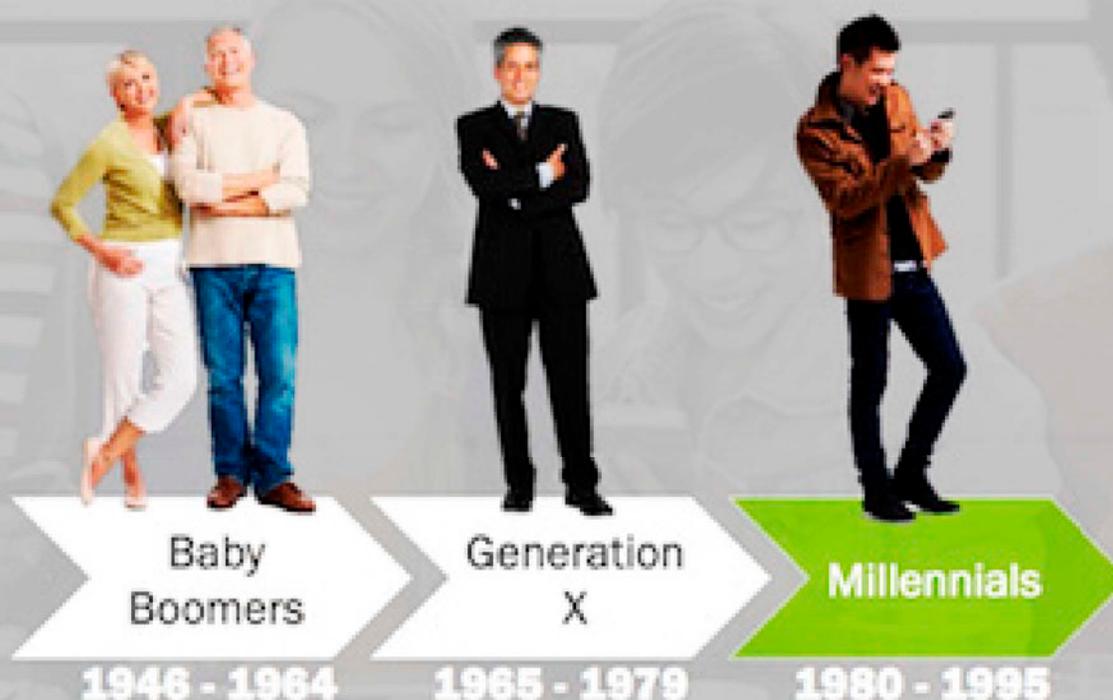
Se caracterizan por dominar la tecnología como una prolongación de su propio cuerpo.

Casi todas sus relaciones básicas cotidianas están intermediadas por una pantalla. Para ellos, realidad y virtualidad son dos caras de la misma moneda. On y off están integrados. Prefieren internet a la TV convencional. El 59 % ve películas por internet y el 46 % televisión, también a través de internet, un porcentaje sensiblemente más alto que en otros grupos de edad. Es evidente que ni el prime time publicidad clásica son buenas estrategias para llegar a este colectivo.



Los Millennials son clientes que no buscan exclusivamente una buena atención, sino que exigen personalización y esperan que la empresa se adecúe a sus preferencias. Para atender sus demandas, las compañías deben ampliar el conocimiento sobre sus clientes incorporando información social sobre ellos con la idea de aportarles más valor. Se trata de avanzar del CRM hacia el Social CRM aprovechando la innumerable cantidad de información y rastro digital que se comparte, difunde y genera en la Red. Las compañías deben aprovechar el potencial del big data (investigación, análisis, evaluación...) para

ver cómo se comportan sus clientes, ya que esto les va a permitir ampliar el conocimiento que tienen sobre ellos y, de esa manera, anticiparse a sus necesidades. Son autosuficientes y autónomos, y quieren sentirse protagonistas. Valoran la participación y la colaboración, prefieren compartir a poseer y exigen nuevos valores como la transparencia, la sostenibilidad y el compromiso social. Aquellas empresas que sepan implicar a los consumidores,



permitiéndoles aportar sus ideas en la creación y el desarrollo de sus productos y sentirse parte de la marca, conquistarán el corazón de los Millennials.

Los Millennials son, finalmente, la futura generación de consumidores y usuarios, un mercado sustancial con nuevas características, necesidades y demandas que conviene conocer por las repercusiones y transformaciones que exigirá a las empresas.

En un mundo ideal, sería recomendable conjugar, en un equipo de trabajo, las capacidades de estos tres grupos para lograr una integración ganadora que impulse niveles de confiabilidad y

productividad hacia una herencia para las nuevas generaciones Z y Post-Z, de las cuales hablaremos a su debido tiempo.

Fuente:

1) Antoni Gutiérrez-Rub: “6 rasgos clave de los millennials, los nuevos consumidores”

<http://www.forbes.com.mx/6-rasgos-clave-de-los-millennials-los-nuevos-consumidores/>

2) Elena Sanz: “¿Cómo son los miembros de la Generación X?”

3) UXC Professional Solutions – Survey.

AUTOR:  
**LIC. RICHARD J. SKINNER**

# Certificaciones & Diplomas

en Mantenimiento  
y Confiabilidad

El tema de Certificaciones y Acreditaciones siempre ha generado muchas controversias en las redes sociales donde participan profesionales de las áreas de Mantenimiento, Confiabilidad, Riesgo y Gestión de activos, impulsado por el cotidiano uso de estas palabras por empresas que ofrecen servicios, certificaciones y hasta acreditaciones en la materia.

Cabe destacar que los términos no son sinónimos. Según la Real Academia Española, estos son sus conceptos:

## Certificar:

1. Asegurar, afirmar, dar por cierto algo.
2. Hacer constar por escrito una realidad de hecho.

## Certificación:

1. Acción y efecto de certificar.
2. Documento en que se asegura la verdad de un hecho.

Sinónimos: asegurar, aseverar, autenticar, legalizar, visar, afirmar, hacer constar.

## Acreditar:

1. Hacer digno de crédito algo, probar su certeza o realidad.
2. Dar seguridad de que alguien o algo es lo que representa.

## Acreditación:

1. Acción y efecto de acreditar.
2. Documento que acredita la condición o facultad para desempeñar determinada actividad.

Sinónimos: atestiguar, demostrar, justificar, garantizar, confirmar, autorizar, consignar.

## VAMOS A LA PRÁCTICA

Interesantes definiciones, pero al mismo tiempo muy parecidas y tienden a confundir. Trataré en unas breves líneas de mostrar las principales diferencias entre ellas, y brindar información que les permita discernir cuál es la más atractiva: Certificación, Acreditación, Diploma o Certificado en cuanto al valor agregado de éste a su carrera profesional, a su trabajo y su futuro. En mi opinión, cuando hablamos de CERTIFICACIÓN estamos refiriéndonos a la posibilidad de asegurar / legalizar un:

- Proceso
- Producto
- Sistema
- Competencia

Éstos se miden a través de estándares preestablecidos.

Los estándares son desarrollados por Asociaciones, Agremiaciones, Instituciones y Organizaciones sin fines de lucro. Estos estándares no son más que guías de referencias, que los organismos reguladores, como Agencias de Gobierno, los convierten en normas incluyéndolos dentro de su legislación y dándole un carácter de ley.

Estas certificaciones se obtienen mediante exámenes o auditorias.

La ACREDITACIÓN es la facultad que se le otorga a un ente independiente para administrar los programas de CERTIFICACIÓN. Éste ente acreditado se reconoce como un Tercero Neutral, por esa razón son de preferencia organizaciones sin fines de lucro. Cuando es lo contrario, existen protocolos establecidos por los organismos acreditadores donde se pueden utilizar los conocidos PROCTORS Neutrales; personas sin compromisos o relaciones comerciales con el ente acreditado que atestigüe y asegure la transparencia del proceso de evaluación (Examen o Auditoria).

La ACREDITACIÓN es otorgada por lo que se conoce en inglés como Official Accreditation Body que es un organismo autorizado por la legislación o cuya trayectoria y méritos le dan el reconocimiento. Éste ente varía en cada país, así que podríamos encontrar, dependiendo el país, muchos escenarios diferentes.

Mostraré como es la dinámica de estos procesos a través de organizaciones en USA, UK, Australia y Canadá.

Dependiendo del tema que se esté abordando, existen muchas organizaciones acreditadoras y certificadoras, sin embargo, iniciaré mostrando ejemplos en Confiabilidad.

En los Estados Unidos (USA) la organización facultada para ACREDITAR, en materia de Confiabilidad y Gestión de Activos, es la ANSI (American National Standard Institute) y a través de ella muchas organizaciones profesionales y sin fines de lucro acuden para aplicar el proceso de Certificación, como por ejemplo:

*La NFPA para Temas de Protección contra Incendios.*

*La ASME para temas relacionados con la Integridad Mecánica de Equipos Mecánicos.*

*Y la SMRP quien es la organización acreditada para certificar Ingenieros de Mantenimiento y Confiabilidad.*

*La ASNT para Ensayos no destructivos.*

La ASTM (American Society for Testing and Materials) a través del comité E53, publicó un estándar sobre Gestión de Activos desde el año 2000 que podrá ser el proceso de ACREDITACIÓN de ANSI para entes interesados en CERTIFICAR en la materia. Esto ocurrió antes de la publicación de la PAS55 en el 2004.

En el Reino Unido (UK) tienen el UKAS (United Kingdom Accreditation Services). El UKAS inició en el 2014, un proceso de ACREDITACIÓN para CERTIFICACIÓN en Gestión de Activos, alineado al estándar ISO-55001 y durante este proceso las organizaciones que participaron fueron las siguientes:

- Afnor UK
- BSI Assurance UK
- Bureau Veritas Certification Holding SAS - UK Branch
- DNV Certification

- Intertek Certification
- Lloyds Register Quality Assurance
- Parsons Brinckerhoff
- SGS UK

Como observaron en el nombre del programa de la UKAS, el canal para la CERTIFICACIÓN es el estándar ISO-55000 que nació del IAM (The Institute of Asset Management) como PAS55 para luego convertirse en estándar internacional ISO.

Sin embargo, el IAM no aparece entre los entes que participaron en el programa de ACREDITACIÓN para CERTIFICACIÓN. Esto no es de extrañar, ya que suele ser muy parecido en USA, mientras organizaciones sin fines de lucro, agremiaciones e institutos, desarrollan estándares, no siempre certifican las competencias relacionadas a estos, muchas veces son otras organizaciones quienes participan en programas para ACREDITARSE como CERTIFICADORES.

En Australia está el "Asset Management Council" organización sin fines de lucro basada en membresías. Australia y Nueva Zelanda desarrollaron un esquema de ACREDITACIÓN (Joint Accreditation System of Australia and New Zealand) que lo llamaron AMS Scheme (Asset Management Systems Scheme) aquí están los requerimientos para quienes desean certificar Sistemas de Gestión centrados en Gestión de Activos.

En Canadá está el PEMAC (Plant Engineering & Maintenance Association Of Canada) cuenta con certificaciones en Mantenimiento y Gestión de Activos.

Podría seguir mostrando detalles de cómo trabajan, y respaldar el aval de estas importantes instituciones de Certificación, sin embargo, prefiero mostrar unas conclusiones con algunas recomendaciones.

Cabe destacar que todos los entes CERTIFICADORES que mencioné, cumplen y se

centran en la norma ISO- 17024 Conformity assessment – (General requirements for bodies operating certification of persons.)

## COMPETENCIAS PROFESIONALES:

Si deseamos certificar nuestras competencias profesionales lo más importante es saber con detalle, ¿Qué queremos? y ¿Para qué lo queremos?

- ¿Es para tener un mejor desempeño en su trabajo actual?
- ¿Es para buscar un mejor trabajo o una mejor posición dentro de su empresa?
- ¿Es para poder ofrecer servicios de consultoría y capacitación?
- ¿Para ser más competitivo en el área laboral?
- ¿Deseas buscar trabajo en España, USA, Canadá, UK, Australia, Escandinavia...etc.?

Podemos hacer un resumen de programas sobre Confiabilidad, Mantenimiento y Gestión de Activos, los relacionados a Riesgo serán descritos en el segundo workshop.

## CERTIFICACIONES INTERNACIONALES CON UN ALTO RECONOCIMIENTO INDUSTRIAL

### 1.1. CRE Certified Reliability Engineer (Certificado Ingeniero de Confiabilidad)

La organiza:



Años de creación: Más de 40 años.  
Número de personas certificadas: Más de 5.000 (Actualizado Abril 2015)  
Duración del examen: 4 horas. (Inglés y Español)  
Número de preguntas: 159  
Tiempo de validez de la credencial: 3 años.

La certificación CRE y su cuerpo de conocimiento, están diseñados para entender los principios de evaluación del desempeño y predicción de la confiabilidad para mejorar el producto, el servicio, la seguridad y mantenimiento de sistemas industriales productivos.



Esta certificación en mencionada por la SRE Society of Reliability Engineers (Sociedad de Ingenieros de Confiabilidad)

Elementos (Dominios) de Conocimiento:

1. Gestión de la Confiabilidad.
2. Probabilidad y Estadística para la Confiabilidad.
3. Confiabilidad en el Diseño y Desarrollo.
4. Modelos de Confiabilidad y Predicción.
5. Pruebas/Ensayos de Confiabilidad.
6. Mantenibilidad y Disponibilidad.
7. Recolección de datos y su uso.

Cuerpo del conocimiento:

Una de las ventajas de esta certificación, es que cuenta con un cuerpo de conocimiento concentrado y organizado en un libro/manual. Este cuenta con dos ediciones. El contenido del manual son los elementos de dominio de la certificación.



**1.2. CMRP Certified Maintenance & Reliability Professional (Certificado**

**Profesional de Mantenimiento y Confiabilidad)**



**1.3. CMRT Certified Maintenance & Reliability Technician (Certificado Tecnico de Mantenimiento y Confiabilidad)**



Las organiza:



SMRP Society of Maintenance and Reliability Professional (Sociedad de Profesionales de Mantenimiento y Confiabilidad)

Años de creación: Más de 14 años.  
 Número de personas certificadas: Más de 3.500 (Actualizado Abril 2015)  
 Duración del examen: 2.5 horas (Inglés y Español)  
 Número de preguntas: 110  
 Validez de la credencial: 3 años.

La CMRP y su cuerpo de conocimiento es un programa de certificación de competencias el cual garantiza que las personas que posean esa certificación tienen las habilidades, el liderazgo y conocimientos necesarios para dirigir y ejecutar con éxito la gestión de mantenimiento y confiabilidad en cualquier industria.

La certificación es avalada y aprobada por la ANSI American National Standards Institute bajo el número 0739.



Elementos (Dominios) de Conocimiento:

- 1.- Negocios y Gestión.
- 2.- Confiabilidad en Procesos de Manufactura.
- 3.- Confiabilidad de Equipos.
- 4.- Organización y Liderazgo.
- 5.- Gestión del Trabajo.

Cuerpo del conocimiento:

- Negocios y Gestión
  - 1.- Maintenance Strategy by Anthony Kelly.
  - 2.- Toyota Way by Jeffery Liker.
- Confiabilidad en Proceso de Manufactura.
  - 3.- Juran's Quality Handbook by Joseph Juran.
  - 4.- Maintenance & Reliability Best Practices by Ramesh Gulatti.
  - 5.- World Class Manufacturing By Richard Schonberger.
- Confiabilidad de Equipos.
  - 6.- Gateway to World Class Maintenance by Anthony M. Smith.
  - 7.- Making Common Sense Common Practice by Ron Moore.
- Organización y Liderazgo.
  - 8.- 7 Habits of Highly Effective People by Stephen Covey.
  - 9.- Successfully Implementing TPM by Edward Hartmann.
- Gestión del Trabajo.
  - 10.- Computerized Maintenance Management Syst. by Terry Wireman.
  - 11.- Planning & Scheduling by Doc Palmer (first 3 chapters).

### **1.4. CRL Certified Reliability Leader (Certificado Líder de Confiabilidad)**



La organiza:



AMP Association of Asset Management Professional (Asociación de Profesionales de Gestión de Activos)

Años de creación: Más de 2 años.  
Número de personas Certificadas: Más de 950 (Actualizado Julio 2016)  
Duración del examen: 2 horas (Inglés y Español)  
Número de Preguntas: 125  
Validez de la credencial: 2 años.

La certificación CRL se centra en las decisiones sobre la gestión de la vida de los activos y todo el valor entregado durante ese ciclo a través del liderazgo. El sistema proporciona una guía para aplicación de sus principios de forma temprana, en lugar de la típica forma de operar y mantener el activo, que la mayoría de las organizaciones utilizan. El cuerpo del conocimiento de la certificación es un mapa para involucrar y empoderar a todas las partes interesadas en una organización de cómo liderar la confiabilidad.

Elemento (Dominios) de conocimiento:

- 1.- Ingeniería de Confiabilidad para mantenimiento.
- 2.- Gestión de la condición de activos.
- 3.- Gestión de la ejecución del trabajo.
- 4.- Liderazgo para la confiabilidad.

Cuerpo del conocimiento:

- 1.- The Certified Reliability Leader: Passport series & Travel Guide by Uptime.
- 2.- Don't Just Fix it, Improve! It: By Winston Ledet.
- 3.- Level 5 Leadership at Work: By Winston Ledet.
- 4.- People: A Reliability Success Story: By Cliff Williams.
- 5.- Clean Green and Reliable: By Doug Plucknette and Chris Colson.

6.- The Certified Reliability Leader: Complete Body of Knowledge by Uptime.



(30 horas)

Módulo 7: Computerized Maintenance Management Systems (30 hours)

Módulo 8: Capstone Project

Cuerpo del conocimiento:



**1.5. MMP Maintenance Management Professional (Certificado Profesional de Mantenimiento)**

La organiza:



PEMAC - Plant Engineering & Maintenance Association Of Canada. (Asociación Canadiense de Mantenimiento e Ingeniería de Planta)

Años de creación: Más de 3 años.  
 Número de personas certificadas: Más de 950 (Actualizado agosto 2016).  
 Cursos: En inglés y Francés.

**1.6. CEEMM Certified European Experts in Maintenance Management (Certificado Europeo Experto en Gestion de Mantenimiento)**

**1.7. CEMTS Certified European Maintenance Technician Specialist (Certificado Europeo Especialista Técnico en Mantenimiento)**

Las organiza:

EFNMS - European Federation of National Maintenance Societies vzw. (Federacion Europea de Sociedades Nacionales de Mantenimiento)



Años de creación: Más de 23 años.  
 Número de personas certificadas: Más de 220 (Actualizado 2015).  
 Duración del examen: 8 horas (en Varios Idiomas incluidos: inglés).  
 Número de Puntos: 100  
 Aprobación: ≥ 70

Elementos (Dominios) de Conocimiento:

Módulo 1: An Integrated Strategy for Maintenance Management (15 horas)

Módulo 2: Production and Operations Management for the Maintenance Manager (30 horas)

Módulo 3: Human Resources Management for the Maintenance Manager (30 horas)

Módulo 4: Financial Management for the Maintenance Manager (30 horas)

Módulo 5: Developing and Implementing Maintenance Tactics (30 horas)

Módulo 6: Maintenance Work Management

Elementos (Dominios) de Conocimiento:

1. Gestión y Organización.
2. Desempeño de la Confiabilidad en Plantas de Producción.
3. Sistemas de Información de Mantenimiento.
4. Mantenimiento Métodos y Técnicas.

Cuerpo del conocimiento:



### 1.8. CAMA Certified Asset Management Assesor (Certificado para Asesor de Gestión de Activos)

La organiza:

“WPiAM Partnership” Proyecto de colaboración entre los organismos certificadores de USA, Canadá, Australia, Francia y Brasil.

Años de creación: Más de 3 años.  
 Número de personas certificadas: Más de 250 (Actualizado Abril 2015).  
 Duración del examen: 2 horas (Inglés, Español y Portugués).  
 Número de Preguntas: 110  
 Validez de la credencial: 3 años.

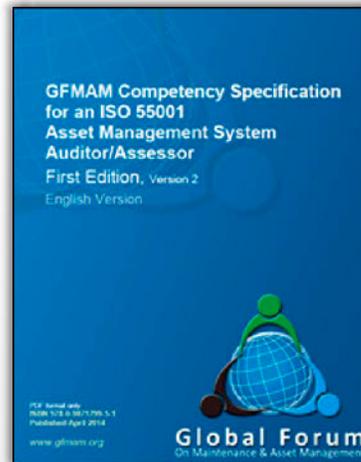
La certificación se centra en el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 17021-5, competencia para la auditoría y certificación de sistemas de gestión de activos. Esto requiere que los auditores tengan experiencia en ciertos tipos de industria y clases de activos, por lo que esta certificación requiere un perfil profesional previo con las siguientes características:

- Tener un mínimo de 5 años de experiencia en la gestión de activos.
- Proporcionar una hoja de vida / CV.
- Completar un perfil profesional.

Elementos (Dominios) de Conocimiento:

- 1.- ISO 55000 - Overview, principles and terminology.
- 2.- ISO 55001 - Asset management — Management systems — Requirements.
- 3.- ISO 55002 - Management systems — Guidelines for the Application of 55001.

Cuerpo del conocimiento:



### CERTIFICADOS UNIVERSITARIOS.

#### 2.1. Certificado: REC® Reliability Engineering Certification (Certificación en Ingeniería de Confiabilidad)



Este programa está desarrollado en conjunto con el "Life Cycle Institute - LCI" y está enfocado en aprender las habilidades prácticas que se pueden aplicar en el trabajo de inmediato y así demostrar su compromiso con la confiabilidad, la mejora continua y aumentar su valor en la organización.

El objetivo del programa es construir y sostener un programa estratégico de Ingeniería de Confiabilidad, centrado en las siguientes premisas:

- Preparar estrategias de control que reducen el riesgo y mejoran los activos y su utilización.
- Desarrollar programa de mantenimiento predictivo.
- Establecer un programa de análisis de causa raíz que minimizará el tiempo de inactividad, aumentar la producción y crear una cultura de mejora continua.
- Demostrar la aplicación práctica del aprendizaje.
- Confiabilidad y excelencia en la Ingeniería.
- Gestión de activos basada en riesgo.
- Competencias demostradas en Ingeniería de Confiabilidad mediante la aplicación de trabajo documentado en:
  1. Análisis de criticidad
  2. FMEA
  3. RCA

El REC es para las personas que son responsables de la mejora de la capacidad de los activos y la confiabilidad, la disminución de fallas repetitivas, la construcción de programas de mantenimiento predictivo sostenibles, y la creación de una cultura de mejora continua.

Cursos REC®:

Estrategias de mantenimiento predictivo	Excelencia en Ingeniería de Confiabilidad	Gestión de Activos basada en Riesgo	Análisis causa raíz (RCA)
<b>Horas: 24</b>	<b>Horas: 24</b>	<b>Horas: 24</b>	<b>Horas: 24</b>

**2.2. Certificado: MMC® Maintenance Management Certification (Certificación en Gestión de Mantenimiento)**



Este programa está desarrollado en conjunto con el "Life Cycle Institute – LCI" y está centrado en prácticas que se pueden aplicar en el trabajo de inmediato, y demostrar su compromiso con la construcción de un sólido programa de mantenimiento.

Para obtener una certificación de Gestión de Mantenimiento (MMC), el participante debe completar cuatro cursos y pasar con éxito el examen final de certificación sobre Gestión del Mantenimiento, dentro de un periodo de tres años.

Cursos requeridos:

- Habilidades de Gestión de Mantenimiento.
- Planificación y Programación de Mantenimiento.

Seleccionar dos (2) de las siguientes optativas:

- Gestión de Materiales e Inventarios.
- Estrategia de mantenimiento predictivo.
- Gestión de Manufactura y el Proceso de Mantenimiento.
- Mantenimiento de Facilidades.

Cursos MMC®:

Habilidades de gestión de mantenimiento	Planificación y Programación de Mantenimiento	Gestión de Materiales e Inventarios
<b>Horas: 16</b>	<b>Horas: 16</b>	<b>Horas: 16</b>
Estrategia de Mantenimiento predictivo	Gestión de Manufactura y el proceso de mantenimiento	Mantenimiento de facilidades
<b>Horas: 16</b>	<b>Horas: 16</b>	<b>Horas: 16</b>

### 2.3. **Certificado: RMIC® Reliability & Maintainability Implementation Certification (Certificación de Implementación de Mantenimiento y Confiabilidad)**



Duración de la credencial: 3 años.

Este programa proporciona los fundamentos básicos y conocimientos de mantenimiento y confiabilidad. Ofrece la flexibilidad para incluir la formación específica que necesita. La Universidad ha diseñado el programa para profesionales que trabajan y brinda actividades de educación práctica de mantenimiento y confiabilidad. El participante debe tomar tres (3) o más cursos del programa y es de carácter obligatorio el curso "Introducción a los Conceptos Modernos de Confiabilidad y Mantenimiento - Boot Camp".

Igualmente debe tomar por lo menos una certificación de una tecnología predictiva. El participante debe implementar un proyecto de 3 a 6 meses, el cual será guiado por un consultor de la universidad y hacer una presentación a la empresa, luego de culminado el proyecto.

Cursos RMIC®:

Introducción a los conceptos modernos de Confiabilidad y Mantenimiento (3 Cursos obligatorios)	Una Certificación de Tecnología Predictiva	Proyecto de Implementación (3-6 meses)
Amplia Lista de Cursos Disponibles por la Universidad y proveedores autorizados.	- Vibraciones. - Termografía. - Tribología.	- El proyecto será guiado por un consultor y se presentará a la empresa.

Amplia Lista de Cursos Disponibles por la Universidad y proveedores autorizados.

- Vibraciones.
- Termografía.
- Tribología.
- El proyecto será guiado por un consultor y se presentará a la empresa.

### PROGRAMAS / DIPLOMAS UNIVERSITARIOS

#### 3.1. **MRM Maintenance and Reliability Management Diploma (Diploma en Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad)**



Este diplomado está desarrollado en conjunto con el "Marshall Institute" y está enfocado en la práctica el mantenimiento de vanguardia y la educación de gestión de confiabilidad en un formato de tres módulos únicos.

Tres módulos integrales de una semana de duración que otorgan un diploma en Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad.

Es uno de los pocos programas de su tipo en los Estados Unidos (USA), diseñado para los profesionales. Se puede completar en menos de dos (2) años.

Nota: Las sesiones semanales no tienen que ser tomadas en secuencia, pero debe completar todos los requisitos en un plazo de tres años a partir del primer módulo que toma. Usted recibirá su diploma al término de los tres módulos.

La Universidad del Estado de Carolina del Norte (USA), en colaboración con el Instituto Marshall, ofrecen este certificado en conjunto. Un programa de tres semanas que va a desarrollar su conocimiento en mantenimiento y confiabilidad y mejorar sus habilidades de liderazgo para el mercado global cada vez más

competitivo. Este programa le expondrá ejemplos del mundo real y le proporcionará los conocimientos y habilidades aplicables en su planta o centro de práctica. La obtención de este diploma representará una evidencia sólida de haber finalizado con éxito todos los requisitos del curso e ilustrará su dedicación a incrementar el conocimiento en el campo del mantenimiento y la gestión de confiabilidad.

Un examen a libro abierto se ejecutará al final de cada módulo. Después de la finalización con éxito del programa, se le otorgará un diploma del Instituto Marshall y la Oficina de Desarrollo Profesional de la Universidad Estatal de Carolina del Norte.

Además, al final de la última semana, recibirá la oportunidad de tomar el examen para certificar CMRP.

Cursos MRM:

OPD-ZFMRM1-C: Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad I: Liderazgo Estratégico, Planificación y Control	OPD-ZFMRM2-B: Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad II: Flujos de Trabajo y Gestión de Materiales	OPD-ZFMRM3-C: Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad III: Gestión de Confiabilidad y Riesgo
Horas: 16	Horas: 16	Horas: 16

### 3.2. Certificado: PAM Physical Asset Management Certificate (Certificado en Gestión de Activos Físicos)

**Physical Asset Management Certificate Program**



Este programa tiene 16 años enfocado en los gestores de activos responsables de las estrategias de mantenimiento y confiabilidad de las organizaciones y los Gerentes de Planta que buscan la excelencia aplicando estrategias probadas que dan ventajas competitivas sobre sus competidores. Gran parte de la instrucción se centra en cuestiones relacionadas con los

costos y en el aspecto financiero de sus organizaciones.

Materias:

Liderazgo y Control	Gestión de la Confiabilidad y el Riesgo	Metodologías de optimización	Mejoras de la confiabilidad a través del Mantenimiento preventivo y la Optimización de inventarios
Horas: 8	Horas: 8	Horas: 8	Horas: 8

Cursos PAM:

Confiabilidad a través del Mantenimiento predictivo	Uso efectivo de recursos de Mantenimiento: Planificación y Programación	Gestión del costo del ciclo de vida	Implementación de la optimización del Mantenimiento y la Confiabilidad
Horas: 8	Horas: 8	Horas: 8	Horas: 8

## CERTIFICADOS DE EMPRESAS

### 4.1. Certificación CRP Certified Reliability Professional Program (Certificado Profesional de Confiabilidad)



El programa de CRP fue iniciado y es administrado por ReliaSoft Corporation.

El programa de Certificación CRP es un programa de para distinguir ingenieros de confiabilidad que han adquirido y demostrado con éxito incuestionable experiencia en el campo.

Cada actividad gana puntos hacia el logro de la certificación (los llaman "créditos"). Todos los requisitos deben ser completados en un lapso de no más de 5 años.

Para lograr la certificación, los candidatos deben completar una serie de cursos de formación centrados en temas importantes de Ingeniería de Confiabilidad, y aplicar con éxito el contenido aprendido en el lugar de trabajo y en público, presentando un caso en una conferencia de la industria y en una revista técnica.

Se necesitan 40 créditos para la certificación CRP y estos se deben obtener a través de cursos de formación elegibles.

Todos los participantes deben completar 13 créditos del plan de estudio.

Este es el portafolio de cursos de ReliaSoft:

- G400 Fundamentos de Ingeniería de Confiabilidad y Análisis de Modelado de Datos.  
(5 créditos)
- M440 Análisis de confiabilidad y mantenibilidad de los sistemas reparables.  
(5 créditos)
- G522A Sistema y análisis de confiabilidad, mantenibilidad y Optimización.  
(3 créditos)
- D560 Diseño de Confiabilidad (DFR) Planificación y ejecución de programas.  
(5 créditos)
- M560 Mantenimiento basado en confiabilidad, planificación y ejecución en el Programa de Gestión de Activos.  
(5 créditos)

Cursos optativos:

Para los restantes 7 créditos, se puede seleccionar cualquier combinación de cursos adicionales para hacer frente a sus intereses y necesidades particulares. Los cursos potenciales incluyen FMEA, RCM, FRACAS, Predicción de confiabilidad y muchos otros.

## RESUMEN

En mi opinión cada una de las ofertas de Certificaciones y Diplomas que se describen en el artículo, representan las fuentes de conocimiento más importantes a nivel mundial en la materia, cada una de ellas con muchas fortalezas en cuanto a experiencia, investigación, desarrollo y academia.

La tabla resumen muestra que las CERTIFICACIONES están disponibles en Inglés y español, también muestra una serie de

alternativas de Diplomas y Certificados complementarios.

Observarán que para las opciones de formación continua (Diplomas y Certificados Universitarios) solo abordé los de habla inglesa, esto motivado que durante mi investigación y experiencia, las opciones de formación continua en habla hispana, tienen una característica importante de notar, y es que en Hispanoamérica hay muchas más ofertas de capacitación en Confiabilidad, Mantenimiento y Gestión de Activos que en la suma de los países de habla inglesa (Canadá, USA, UK, Australia, NZ), en mi opinión se debe al carácter netamente comercial, una oferta abrumadora de cursos, diplomas, certificados, certificaciones...etc. en la materia.

Por tal motivo utilicé solo buenas referencias conocidas en mi experiencia y en la experiencia adquirida por colegas de ejemplar trayectoria e identificadas durante mi investigación.

### Fuentes de información

1. United Kingdom Accreditation Services – UK
2. American National Standard Institute – USA.
3. Plan Engineering and Maintenance Association – Canada.
4. International Standard Organization ISO.
5. Certified Asset Management Assessor CAMA:
6. American Society for Testing and Materials ASTM.
7. Life Cycle Institute.
8. C-MORE Centre for Maintenance Optimization and Reliability Engineering.
9. Certified Reliability Engineer Handbook, ASQ Reliability Division – 2009.
10. Maintenance and Reliability Body of Knowledge, SMRP – 2011.
11. Uptime® Elements™ and the CRL Body of Knowledge (BoK), AMP – 2014.
12. Master en Mantenimiento, Universidad de Sevilla – 2012.
13. Master en Confiabilidad y Riesgo – MICRO, Universidad de Las Palmas de Gran Canarias – 2014.
14. <http://www.rae.es>

Certificaciones en Confiabilidad	Certificaciones en Mantenimiento	Certificaciones en Gestión de Activos	Referencia
CMRT® SMRP CMRP® SMRP CRE® ASQ CRL® AMP	CMRT® SMRP CMRP® SMRP	CAMA® WPIAM	Certificaciones Internacionales de reconocimiento Industrial y reconocida trayectoria. Disponibles en Inglés y Español.
	MMP® PMAC* CEEMM® EFNMS* CENTS® EFNMS*		Certificaciones Internacionales de reconocimiento industrial y reconocida trayectoria. Disponibles en Inglés. *Se desconoce si está disponible en Español.
REC® Life Cycle Institute The University of Kansas Ohio State University Clemson University	MMC® Life Cycle Institute The University of Alabama		Certificados Universitarios. Sólo disponibles en Inglés.
RMIC® University of Tennessee	RMIC® University of Tennessee		
MRM® Marshall Institute North Carolina State University	MRM® Marshall Institute North Carolina State University	PAM® University of Toronto Centre for Maintenance  Optimization and Reliability Engineering C-MORE	Diplomas Universitarios. Sólo disponibles en Inglés.
CRP® ReliaSoft Corp.	CRP® ReliaSoft Corp.		Certificados de Empresas. Disponible en Inglés y Español.

- |  |  |
|--|--|
| 15. <a href="http://www.asq.org">www.asq.org</a>                                     | 26. <a href="http://www.solutionsconference.info">www.solutionsconference.info</a> |
| 16. <a href="http://www.asqrd.org">www.asqrd.org</a>                                 | 27. <a href="http://www.books.mro-zone.com">www.books.mro-zone.com</a>             |
| 17. <a href="http://www.sre.org">www.sre.org</a>                                     | 28. <a href="http://www.efnms.org">www.efnms.org</a>                               |
| 18. <a href="http://www.smrp.org">www.smrp.org</a>                                   | 29. <a href="http://www.maestria-micro.com">www.maestria-micro.com</a>             |
| 19. <a href="http://www.machinerylubrication.com">www.machinerylubrication.com</a>   | 30. <a href="http://www.planetrans.com">www.planetrans.com</a>                     |
| 20. <a href="http://www.reliableplant.com">www.reliableplant.com</a>                 | 31. <a href="http://www.machineryinstitute.org">www.machineryinstitute.org</a>     |
| 21. <a href="http://www.maintenanceforums.com">www.maintenanceforums.com</a>         | 32. <a href="http://www.ansi.org">www.ansi.org</a>                                 |
| 22. <a href="http://www.maintenance.org">www.maintenance.org</a>                     | 33. <a href="http://pemac.org">http://pemac.org</a>                                |
| 24. <a href="http://www.reliabilityconference.com">www.reliabilityconference.com</a> | 34. <a href="http://www.wpiam.com">http://www.wpiam.com</a>                        |
| 25. <a href="http://www.maintenanceconference.com">www.maintenanceconference.com</a> | 35. <a href="http://www.lce.com">http://www.lce.com</a>                            |

AUTOR:  
**ERNESTO PRIMERA, MSc.**  
 CMRP - CQRM - CSSGB - CVAIll  
 Experto en Mantenimiento, Ingeniería de Confiabilidad  
 y Maquinarias Rotativas  
*editor@ernestoprimer.com*  
*www.ernestoprimer.com*



## REUNIÓ A LÍDERES DEL MANTENIMIENTO MUNDIAL

En la 31 edición del International Maintenance Conference (IMC) 2016 se dieron cita las asociaciones, instituciones y personajes más importantes del mantenimiento, Confiabilidad y Asset Management de América y el mundo. Durante cinco días, el imponente Hotel Hyatt Regency Coconut Point de Bonita Spring en Florida en Estados Unidos, albergó este prestigioso congreso organizado por Reliabilityweb.com.

Terrence O'Hanlon, CMRP, Presidente, CEO y Publisher de Uptime Magazine y CEO de Reliabilityweb.com, ha logrado por 31 años consecutivos impulsar una idea que se ha convertido en uno de los acontecimientos más relevantes en la agenda anual de la ingeniería moderna. Aunado al esfuerzo en conjunto con su red de colaboradores en todo el mundo.

Proveer aprendizaje, servir de puente entre colegas del Asset Management y establecer una estrecha comunicación e intercambio, son algunos de los objetivos que años tras años se plantea la organización del IMC, con el fin de ofrecerle conferencias de excelencia a los participantes que viajan de diferentes partes del mundo ávidos de conocimientos, nuevas tendencias y buscando aprender de los padres del Mantenimiento.

Con una agenda nutrida y colmada de expositores de alta gama, transcurrió esta semana del mantenimiento. "El juego de La Fabricación, Los Nuevos pasaportes de gestión de activos para los elementos de tiempo de actividad. Gestión de activos empresariales habilitada por un marco de fiabilidad" fueron algunas de las ponencias más destacadas, esta última tuvo como oradores a David Armstrong, Collette Ericson y a Terrence O'Hanlon.

Asimismo se entregaron las certificaciones de CMRP y CRL, a través de un examen el cual fue aplicado en español para los asistentes provenientes de países de habla hispana.

Las féminas también jugaron un papel esencial en el desarrollo del IMC2016, con la participación de WIRAM, conformando un gran grupo de mujeres del Mantenimiento, entre ellas estuvieron Paula Hollywood, Rebekah Wojak, Collette Ericson, Pam Denny, Michelle Ledet-Henley, Jill Owen, Nahila Hernández, Courtney Blalock y Claire Gowson.

Santiago Sotuyo, Gerente de Ingeniería para Latino América de Arms Reliability y presidente de URUMAN, también dijo presente en el IMC2016 al igual que Gerardo Trujillo, presidente de AMGA. Ambos,

personajes influyentes en la escena de la ingeniería en América Latina.

También cabe destacar qué se desarrollaron actividades de entretenimiento y motivación para los participantes como consejos de mantenimiento en vivo (Chill out).

Entre conversatorios, zonas de aprendizaje, cursos, actividades de networking y conferencias, transcurrieron cinco días colmados de interacción, conocimientos e intercambios de ideas entre expertos y futuros especialistas en el Mantenimiento y Confiabilidad.

Para conocer más detalles del IMC2016 ingresa a:

[www.imc.com](http://www.imc.com)

[www.maintenance.org](http://www.maintenance.org)

*¡Y entérate de todo acerca de uno de los eventos de Mantenimiento más importantes del año!*

Texto:  
JOSÉ DANIEL ARISTIMUÑO



IMC conferencias



Santiago Sotuyo



Participantes en el IMC 2016





## CONDITION MONITORING & MATTERS OF THE HEART:

*Listen to Doctor Bob and make like Larry.*

So picture this. Larry, makes an appointment to see his local doctor that he's known for years. Upon arrival Larry waits as per usual until told by the receptionist that: "He'll see you now."

In he goes and sits down as he has always done on previous occasions, but with a very serious and concerned expression on his face.

"What's up Larry? What can I do for you today?" the Doctor enquires. Let's call him Doctor Bob.

"Well Doc, do you know any reputable and reliable heart surgeons?"

Slightly taken back and concerned, Doctor Bob probes further: "Why do you ask? Are you feeling unwell?"

"Not really" Larry replies, "but I'd like to understand how healthy my heart is so I figure the best thing to do is to have myself opened up and have a look see."

Well as you can imagine, Doctor Bob is quite taken back by Larry's proposed and extreme course of action and finds the whole situation reminiscent of a Monty Python sketch. (If you haven't heard of Monty Python, I'm too old and you're too young but read on regardless.)

*"Have you ever heard the expression, if it isn't broke don't fix it?"*

Unfortunately, Larry isn't joking and sits patiently waiting for a response.

Having contemplated pressing the red button under his desk that summons the men with the butterfly nets, Doctor Bob goes on, "well Larry, I'm not sure you really want to do that and as your Doctor for many years now, I'd be remiss if I didn't point out the immediate dangers in taking such a course of action."

"Dangers! What Dangers? Replied Larry. "I've been coming to you for many years now and have been in good health for as long as I can remember. I exercise regularly. I eat the right foods. I don't drink or smoke so what's the danger?"

"Have you ever heard the expression, if it isn't broke don't fix it?"

"Sure I have" Larry replied.

"Well Larry, there are plenty of other ways we

can assess the health of your heart without opening you up". Yes you are very healthy for your age but putting you through a major surgical procedure is not only expensive, it can leave you open to other risks such as infection, not to mention the time it will take you to recover. Consider the possibility that you may not get put back together correctly afterwards. All these risks could end up creating a problem where none exists."

Suffice to say, Larry had a change of heart (irresistible pun) after speaking with Doctor Bob, who offered him a variety of non-intrusive tests that would keep him off the operating table but provide Larry with a good on going indication and reassurance that his heart is healthy.

In terms of Larry's heart, there are at least 6 types of non-intrusive tests that could tell him what he wants to know. Depending on the results of those tests, Larry would have more data to make informed decisions on how to take better care of his heart into the future and improve on those results.

***"This isn't being cheap, this is being practical and efficient with your maintenance resources and budget."***

Think on the above cautionary tale the next time you're about to arbitrarily strip down or dismantle a gearbox, pump or other asset as part of a planned activity.

The fact that a piece of equipment has run well and exhibited zero signs of defect or failure, should never be ignored in the run up to a maintenance. Instead, take time to truly consider why that may be the case and factor this in when deciding how to approach future inspections.

In terms of a gearbox; Oil Analysis is always a good indicator of the internal health of your gears and bearings etc. For Larry, a simple blood

test would provide a wealth of information and break down of his HDL (good) and LDL (bad) cholesterol to name only one of a litany of possible tests.

Sample your oils and review the analysis reports. Consider the duty and run hours for the equipment. You may find that an oil change could be stretched out from 12-24 months. This isn't being cheap, this is being practical and efficient with your maintenance resources and budget.

How about an Electro-cardiogram? If Larry had said he was experiencing palpitations, skipped beats, a racing heart, fainting, shortness of breath or chest pain, this would be an ideal alternative to opening him up for what would only be a visual inspection anyway. At least however Larry would have recorded symptoms that would enable Doctor Bob to decide what tests to run based on the "failure mode". Do you see where we're going here?

***"Except now you just have to make sure it's all put back together exactly as you found it."***

Visual inspections are a vital first port of call for all Condition Monitoring but do you need to fully open up your gearbox to do one? No you don't. Find a window of opportunity, use the inspection hatch and a borescope to identify any possible damage to teeth bearings or shafts etc. It's cheaper and less labour intensive than stripping the gearbox down, only to find everything's ok.

Except now you just have to make sure it's all put back together exactly as you found it. And oh by the way, production need that back up again for the 07:30am start, but try and resist the urge to rush so you can be home in time for The Simpsons.



Consider the table below in relation to your heart and apply the same thinking to your critical assets. None of these tests will put you in immediate danger but each test is designed to address specific failure modes/symptoms and facilitate a diagnosis so more informed decisions can be made for treatment. Condition Monitoring anyone?

Test	How it works	What the experts say
<b>Cholesterol</b>	A blood test breaks down your HDL (good) and LDL (bad) cholesterol.	The goal is total cholesterol under 160, with LDL under 100 and HDL above 60. Your normal range does increase as you age, but problems will show up by your 20s if you're genetically predisposed; check your family history.
<b>Blood Pressure</b>	A cuff inflated around your upper arm allows for a reading of how the heart pushes blood through your arteries.	Normal blood pressure is less than 120 over 80, yet a little higher or lower likely isn't a problem. Ask your doctor what's baseline for you and keep track of it.
<b>Electro-cardiogram (ECG or EKG)</b>	Electrodes connected to your chest, arms, and legs record the rhythm and strength of the heart.	Symptoms such as palpitations, skipped beats, a racing heart, fainting, shortness of breath, or chest pain may be signs that an ECG is needed.
<b>Stress test</b>	You walk on a treadmill, and your heart activity is evaluated by ECG.	Women tend to have more false-positive stress tests, possibly due to hormones. Ask your doc about an accompanying test that records pictures of the heart before and after exercise.
<b>CT scan</b>	Images of the heart are taken to detect the severity of symptoms.	What the experts say: A warning: One scan contains the radiation of 200 X-rays and can increase your risk of breast cancer in a small but significant way.
<b>High-sensitivity C-reactive protein (hsCRP)</b>	A blood test checks your level of C-reactive protein, which is a marker of inflammation.	A new, breakthrough study recommends this test in addition to cholesterol and blood pressure checks. If you're diagnosed with a high CRP level, you may be offered a statin (even if your cholesterol is normal).

For a gearbox, consider the following checks, none of which are massively labour intensive but can reveal important information regarding condition and won't cost the earth:

1. Visual walk around
2. Visual inspection through inspection ports
3. Borescope inspection
4. Measure temperature
  - a. Thermometers
  - b. Resistance temperature detector (RTD) probes
  - c. Thermography
5. Measure oil pressure
6. Measure sound and vibration
7. Inspect filter elements

What's the morale of the story? If it ain't broke, don't fix it. Monitor it. The better you monitor and increase your understanding/awareness of the possible failure modes within your assets; the better positioned you'll be to: make savings on unnecessary maintenance, improve your asset life-cycle, increase Reliability and prevent small problems from developing into big problems.

Listen to Doctor Bob and make like Larry.

[www.avtreliability.com](http://www.avtreliability.com)

AUTOR:

**LIAM DOYLE**

Operations & Business Development  
Manager at AVT Reliability (Ireland) Ltd  
[liamdamiendoyle@gmail.com](mailto:liamdamiendoyle@gmail.com)

## CONGRESO ESPAÑOL DE MANTENIMIENTO 2017

Tarragona.

Toda la información, inscripciones y  
entradas, en:  
[www.aem.es](http://www.aem.es)

---

## DEL 25 AL 27 DE ABRIL DE 2017 CIFMERS: EFMC 2017

<http://cifmers.com/cifmers-global-eventos.html>

---

## Del 7, 8 Y 9 DE JUNIO XIX CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTION DE ACTIVOS.

ACIEM. COPIMAN.

<http://www.aciemmantenimientoygestion-deactivos.org/home/>

---

## DEL 06 AL 08 DE JUNIO DE 2017 BILBAO

<http://bilbaoexhibitioncentre.com/eventos/maintenance-bilbao-2017/#.WDcAjLLhDIV>

---

## Del 6 al 8 Septiembre 2017 ICOGRAM 2017

Miami. Diplomado y examen de  
certificación: Ingeniería de Confiabilidad  
Operacional, Gestión de Activos y  
Mantenimiento. Información detallada del  
evento ICOGRAM 2017:

<https://app.box.com/s/83tyjazjpuixs4fgna-enfo28nvg9v2n2>

Planilla de inscripción del evento ICOGRAM  
2017:

<https://app.box.com/s/alg1kn5a8j16hp5-fdshty7litzkrrkyc>.

Información adicional: Yolines Graterol:

[gyolines2@gmail.com](mailto:gyolines2@gmail.com),

[gyolines@ingecon.net.in](mailto:gyolines@ingecon.net.in),

[gyolines1@hotmail.com](mailto:gyolines1@hotmail.com), Teléf. +58 414

1080052. Carlos Parra:

[parrac37@gmail.com](mailto:parrac37@gmail.com),

[parrac@ingecon.net.in](mailto:parrac@ingecon.net.in)

---

## Del 25 al 28 de Septiembre de 2017 CONGRESO DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD

México- Monterry. Más info en:

[congreso@noria.mx](mailto:congreso@noria.mx) / [www.CMCM.com.mx](http://www.CMCM.com.mx)

# EVENTOS<sup>20</sup><sub>17</sub> DE MANTENIMIENTO

A photograph of an industrial facility, possibly a refinery or chemical plant, at dusk. The scene is dominated by large, dark structures, including tall distillation columns and complex piping systems. The sky is a mix of orange and blue, suggesting the time is either dawn or dusk. The overall atmosphere is industrial and somewhat somber due to the low light.

# ANÁLISIS RAM

## COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS: UN CASO DE APLICACIÓN INDUSTRIAL

La dinámica empresarial actual, exige que los procesos en la industria sean optimizados desde el punto de vista técnico y económico. Es por esta razón, que surge la necesidad de la adopción de un sistema de gestión de activos tal como lo establece la norma ISO 55000, de manera que las organizaciones logren sus objetivos de manera efectiva, eficiente y sostenible en el tiempo.

En este sentido el marco de Normas ISO 55000/01/02-2014 establece que la organización debe desarrollar un Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA o SAMP por sus siglas inglés) a partir de los objetivos organizacionales, con el propósito de documentar el rol del sistema de gestión de activos para alcanzar los objetivos de la gestión de activos.

Para el desarrollo del Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA), es necesario obtener

toda la información referente a la clase de activo; tal como la criticidad, el valor de los activos y la interdependencia con otros activos de la organización para la entrega de valor.

De allí que la gestión de activos este estrechamente relacionada con la Ingeniería de Confiabilidad, y se apoye en metodologías como Análisis RAM, dado que esta pretende pronosticar el comportamiento de un activo o conjunto de activos durante un periodo de tiempo determinado, siendo esta una información de gran valía para la definición de los objetivos de la gestión de activos y posterior desarrollo de los planes.

El Análisis RAM, permite conocer con cierto grado de certeza el factor de servicio de la instalación y los activos que tienen mayor aporte a la indisponibilidad a través del uso de la probabilidad y estadística y de diagramas de bloques de confiabilidad, pudiendo ser

aplicado a cualquier tipo de industria.

Para el caso del presente trabajo se presenta la aplicación de la metodología Análisis RAM en una instalación industrial compleja, cuyos resultados sirven como información base para la elaboración de los planes de gestión de activos de la organización, permitiendo identificar los "cuellos de botella" en el sistema productivo y sirviendo de apoyo a la toma de decisión para la efectiva distribución de los recursos de operación y mantenimiento.

### METODOLOGÍA ANÁLISIS RAM

El análisis RAM es una metodología que diagnostica el estado actual de un sistema productivo, y pronostica su comportamiento en un periodo determinado de tiempo (Díaz, 2014). Además permite definir cuantitativamente:

- La Disponibilidad y confiabilidad del sistema.
- Las pérdidas de producción por indisponibilidad del proceso productivo.
- El impacto en la disponibilidad del sistema debido a:
  - o La política de aprovisionamiento de partes y repuestos.
  - o La política de mantenimiento.
  - o La logística e Impacto por redundancia.

La aplicación de un análisis RAM permite determinar los activos que tienen mayor influencia en los indicadores de disponibilidad y confiabilidad en un sistema productivo. La figura 1, sintetiza gráficamente las etapas de implementación de un Análisis RAM:



Figura 1. Etapas de Implementación de un Análisis RAM.

### ANÁLISIS DE LOS DATOS DE FALLA Y REPARACIÓN

El análisis RAM, se inicia con el análisis de los datos de tiempo de falla y reparación de cada uno de los activos que forman parte del sistema o proceso estudiado para la estimación probabilística de la tasa de falla y reparación.

Un resumen de las fuentes de información que se emplean en los estudios RAM se muestra en la figura 2, y el detalle del uso de las mismas se sugiere revisar el artículo de Díaz (2014).

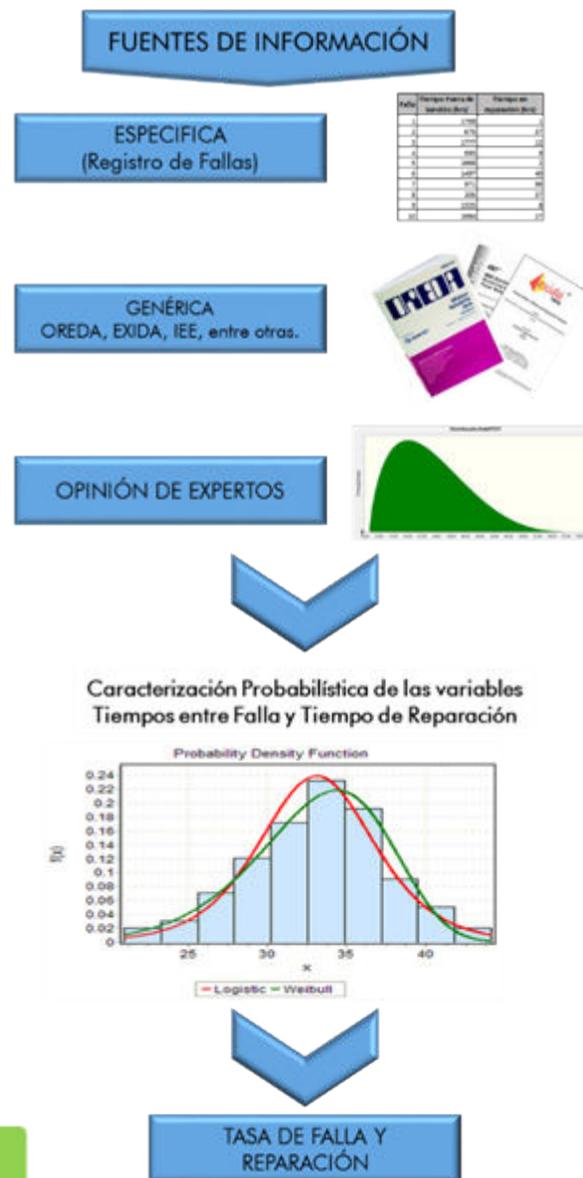


Figura 2. Fuentes de Información para la estimación de tasa de falla y reparación. (Díaz, 2014).

En los estudios RAM y específicamente en el caso de aplicación de este artículo, la obtención de los datos de fallas y reparación en una organización es un verdadero desafío, debido a la falta de cultura del dato, evidenciándose en la inconsistencia en el registro de los mismos.

Por tal razón, y a fin de garantizar que los datos representen la realidad operacional de la instalación, se acude al uso de la opinión de un grupo de expertos de la organización, conformado principalmente por personal del área operacional y mantenimiento, siguiendo los siguientes pasos:

1. Definición del Grupo de Especialistas que participarán en las reuniones de trabajo.
2. Ponderación de la opinión de los expertos.
3. Agrupación por familias de equipos en base a la información suministrada por los expertos, considerando: las características de operación, mantenimiento y el contexto operacional de los equipos.
4. Elicitación de los valores de las variables Tiempos Entre Fallas (TEF) y Tiempos para Reparar (TPR) para los escenarios: optimista, pesimista y más probable (mínimo, máximo y más probable).

A partir de estos datos recopilados, se hace uso de herramientas estadísticas conocidas como Distribuciones de Probabilidad, con el fin de modelar el comportamiento de los Tiempos de Falla y Tiempos de reparación desde el punto de vista matemático.

Es importante destacar, que para el caso de los equipos donde no se tenga información de los expertos por diferentes razones, se recurre al uso de bases de datos genéricas disponibles

(OREDA, IEEE, CCPS, entre otras).

En la tabla 1 se presentan las Distribuciones utilizadas para la modelación probabilística de los Tiempos de Fallas y Tiempos de Reparación de los equipos de la instalación:

Tabla 1. Resumen Distribuciones de Probabilidad por Variable y Fuente de Información.

Fuente de Información	Variable	
	Tiempos de Falla	Tiempos de Reparación
Opinión de Expertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con valores Máximos y Mínimos: <b>Distribución Weibull.</b></li> <li>• Con Tiempo Promedio Entre Fallas: <b>Distribución Exponencial</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos con baja mantenibilidad (tiempos de reparación históricamente altos), se ajusta la <b>Distribución Weibull.</b></li> <li>• Equipos con alta mantenibilidad (tiempos de reparación históricamente bajos), se ajusta la <b>Distribución Exponencial.</b></li> <li>• Equipos donde a ciencia cierta no se conoce su mantenibilidad (debido a su contexto operacional, complejidad, entre otras variables), la distribución que mejor se ajusta es la <b>Distribución LogNormal.</b></li> </ul>
Datos Genéricos	<b>Distribución Exponencial</b>	<b>Distribución Exponencial</b>

## MODELACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO

La modelación del proceso productivo inicia con la construcción de los Diagramas de Bloques de Confiabilidad (DBC) de la instalación

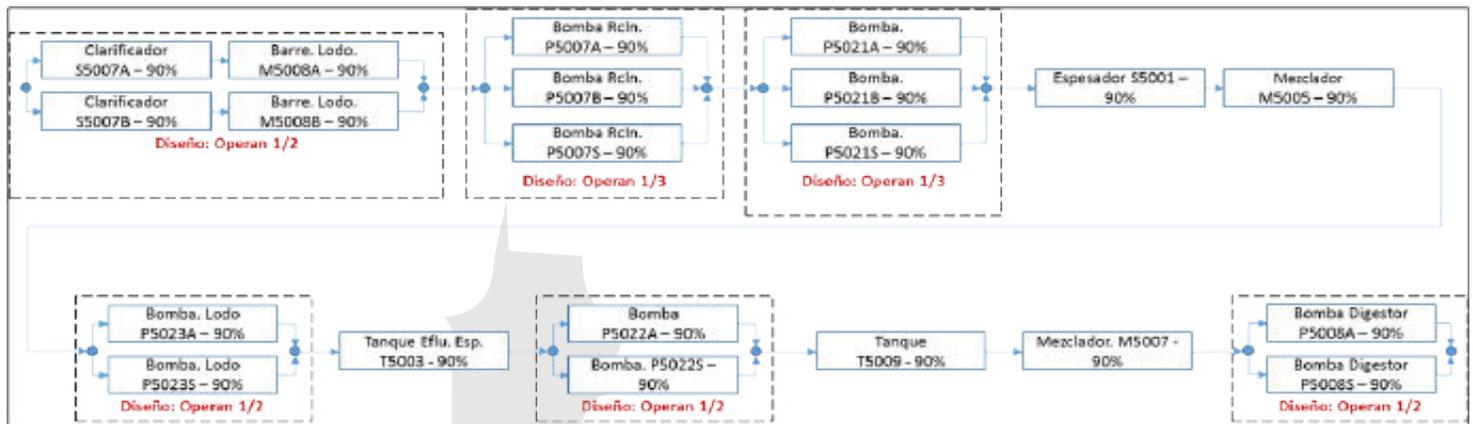


Figura 3. Diagrama de Bloque de Confiabilidad (DBC) de los equipos de una Instalación Industrial.

analizada (ver figura 3). Para ello es necesario definir los límites de cada uno de los sistemas, subsistemas, equipos y componentes que intervienen en el sistema productivo y que tienen impacto en la disponibilidad del mismo causando pérdidas en producción.

Para el caso de la industria petrolera y gasífera, la norma ISO 14224, define los límites de batería y estructura sistemáticamente cada uno de los equipos principales utilizados en esa rama de la industria. Para el caso de otras industrias, se puede tomar como base los criterios del estándar citado anteriormente y adaptarlo a la realidad operacional del sistema productivo analizado.

Para la elaboración de los DBC de la aplicación, se revisaron exhaustivamente toda la información técnica inherente al proceso (Diagrama de tubería e instrumentación, diagrama de flujo de proceso, entre otros).

En total se modelaron aproximadamente 1100 equipos de la instalación, distribuidos en 3 unidades y 2 sub-unidades con su porcentaje de afectación al negocio en caso de falla (ver figura 4).

Del DBC de la figura 4, se evidencia que:

- Unidad 1: La instalación dejará de cumplir su función por completo.

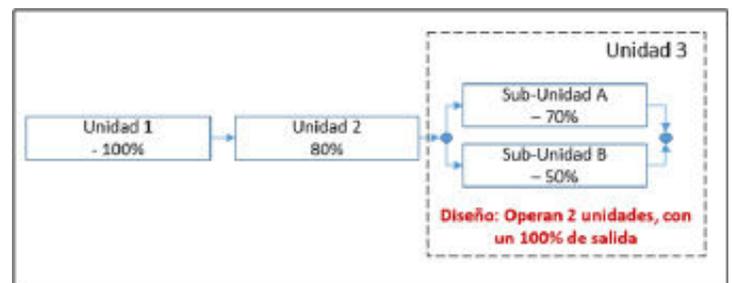


Figura 4. Diagrama de Bloque de Confiabilidad (DBC) de las unidades y sub-unidades de una Instalación Industrial.

- Unidad 2: La instalación operará a un 80% de su capacidad con un 20% de impacto en caso de una falla funcional.
- Unidad 3: La Sub-Unidad A y B son necesarias para operar al 100%.
  - o En caso de una falla funcional de la Sub-Unidad A la unidad 3 operará a un 50%.
  - o En caso de una falla funcional de la Sub-Unidad B la unidad 3 operará a un 70%.
- La disponibilidad total de la instalación, será el producto de las tres unidades.

Es importante destacar, que los arreglos y escenarios de falla y reparación de cada uno de las unidades de la instalación son desarrollados en los diagramas de bloques de confiabilidad respectivos, considerando su filosofía, contexto operacional e interdependencia de los activos.

El modelo desarrollado debe ser validado por expertos en el área de producción y por personal que interviene diariamente en la operación y mantenimiento del sistema productivo. Por tal razón, en sistemas complejos es muy común el uso de funciones lógicas con el fin de modelar y simular el comportamiento real de la instalación.

### SIMULACIÓN DEL MODELO

Una vez modelado el sistema productivo, se procede a realizar la simulación. Para esto es necesario definir el periodo de tiempo en el cual se desea simular el comportamiento del sistema, puesto que las condiciones de operación y mantenimiento dependen de las distribuciones de probabilidad de cada bloque y esta a su vez del variable tiempo.

En este sentido, y para disminuir la incertidumbre en este tipo de estudios, es necesario hacer uso de del Método de Montecarlo, para obtener los distintos resultados posibles del modelo RAM. Es por esta razón, que para el modelaje de sistemas complejos se recurre al uso de programas computacionales (tales como: MAROS, RAPTOR, RAMP, TITAN entre otros), debido a que es necesario repetir varias veces una simulación del sistema con el mismo valor de tiempo analizado, para obtener los distintos escenarios de comportamiento posible y dar confianza estadística a los valores calculados.

Para el caso de la aplicación práctica, se realizó un pronóstico de la disponibilidad para los próximos 10 años de operación, realizando 3.000 iteraciones lo que permite mitigar el nivel de incertidumbre en el cálculo.

Por otra parte, a fin de estimar un valor de disponibilidad que se acerque más a la realidad, en el modelo RAM se consideraron paros no programados (debido a fallas, modelados a través de distribuciones de probabilidad) y paros programados (planes de mantenimiento típicos para cada tipo de activo y un paro general de planta para el año 2020 y el año 2024

de 40 días de duración.

Los resultados de disponibilidad de la instalación se presentan de manera acumulada y de manera anualizada para cada uno de los años pronosticados. Asimismo, se presentan los percentiles 5 (P5), 50 (P50) y 95 (P95) junto con la Desviación Estándar que son usados como parámetros para describir la distribución normal, siguiendo el Teorema del Límite Central.

De estos percentiles, se puede afirmar que existe un 90% de certeza que la disponibilidad se encontrará entre los valores del percentil 5 y 95, mientras que el valor que tiene mayor probabilidad de ocurrencia es el percentil 50, este valor también es conocido como media debido a la utilización de la distribución normal para modelar los resultados del modelo RAM.

Disponibilidad Acumulada.

En la Tabla 2 se muestran los valores de Disponibilidad para el caso de aplicación práctica, y en la figura 5 se ilustra el perfil estocástico de estos valores a fin de mostrar gráficamente el cambio de la disponibilidad en función del tiempo.

Tabla 2. Valores acumulados de la Disponibilidad de la Instalación (2016-2025).

Valores Acumulados de la Disponibilidad del Instalación					
No.	Año	P5	P50	P95	Desviación
1	2016	70,85	78,44	86,05	4,62
2	2017	71,06	76,80	82,55	3,49
3	2018	71,83	76,51	81,24	2,85
4	2019	72,48	74,51	76,52	1,24
5	2020	69,54	70,91	72,28	0,83
6	2021	70,47	72,99	75,46	1,52
7	2022	71,14	73,24	75,35	1,28
8	2023	69,50	72,19	74,94	1,65
9	2024	68,18	69,71	71,25	0,93
10	2025	68,06	70,08	72,10	1,23

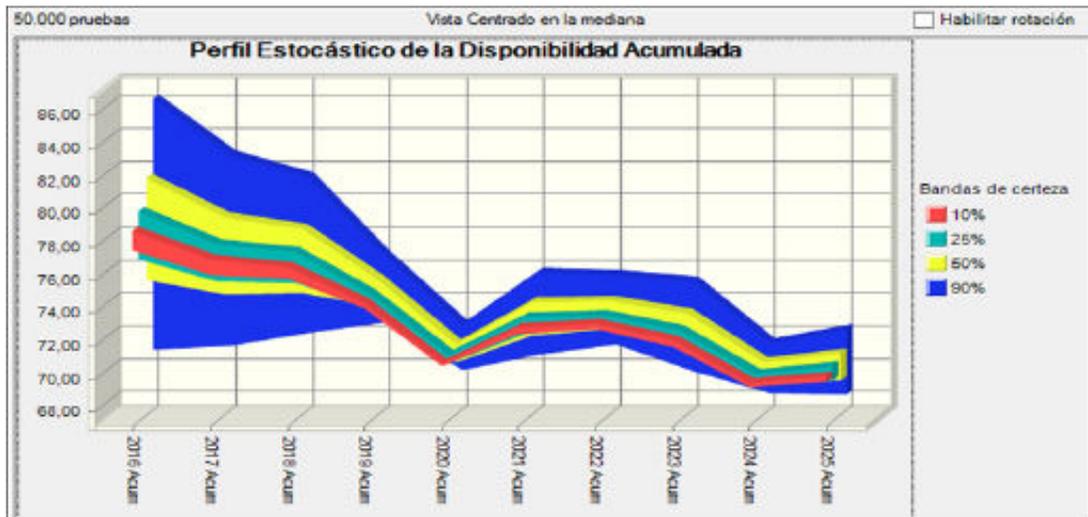


Figura 5. Perfil Estocástico de la Disponibilidad Acumulada de la Instalación (2016-2025).

Del perfil anterior, se puede evidenciar que la Disponibilidad Acumulada de la Instalación, tiene una tendencia hacia la baja. Es decir, bajo la política actual de mantenimiento y operaciones de la instalación, la rentabilidad y la productividad de la misma ira disminuyendo en función del tiempo.

Disponibilidad Anualizada

De igual forma, en la tabla 3 se presentan los valores de Disponibilidad Anualizados, a fin de mostrar el valor real del desempeño de la instalación año a año. Asimismo, en la figura 6 se grafican los cambios de la disponibilidad en función del tiempo.

Tabla 3. Valores anualizados de la Disponibilidad de la Instalación (2016-2025).

No.	Año	Valores Anualizados de la Disponibilidad de la Instalación			
		P5	P50	P95	Desviación
1	2016	70,85	78,44	86,05	4,62
2	2017	61,36	75,21	89,03	8,37
3	2018	57,80	75,91	94,03	11,05
4	2019	52,13	68,53	84,68	9,88
5	2020	45,93	56,50	67,17	6,46
6	2021	66,72	83,33	99,73	10,03
7	2022	53,86	74,76	95,86	12,78
8	2023	38,72	64,87	91,24	15,96
9	2024	23,98	49,84	75,43	15,65
10	2025	48,90	73,40	97,87	14,87

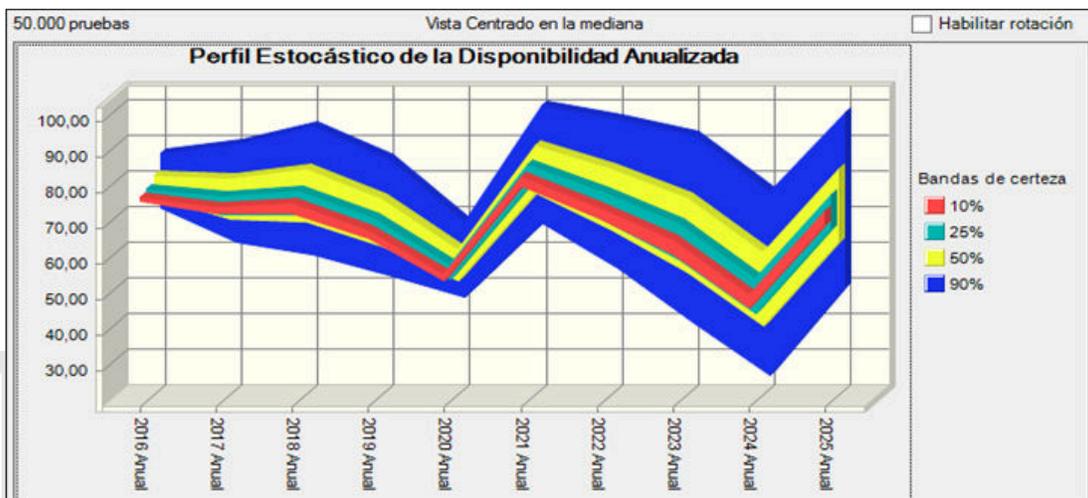


Figura 6. Perfil Estocástico de la Disponibilidad Anualizada de la Instalación (2016-2025).

De la tabla y la figura anterior, se evidencia que los valores de disponibilidad anualizada entre las paradas programadas del año 2020 y 2024 tienden a la baja, pasando de un promedio de 78,44% en el año 2016 hasta 56,50% del año 2020; y de 83,33% de promedio del año 2021 a 49,84% del año 2024.

Esto concuerda con los resultados de la disponibilidad acumulada, donde los valores de

disponibilidad tienden a disminuir en función del tiempo, siendo dominante la tendencia bajista. Otra forma de representar los resultados de disponibilidad anualizada de la instalación, es a través de un gráfico de superposición. Este permite verificar los valores de disponibilidad más probables año a año, y en que rango se encuentra la mayor agrupación de estos. El mismo se presenta en la figura 7.

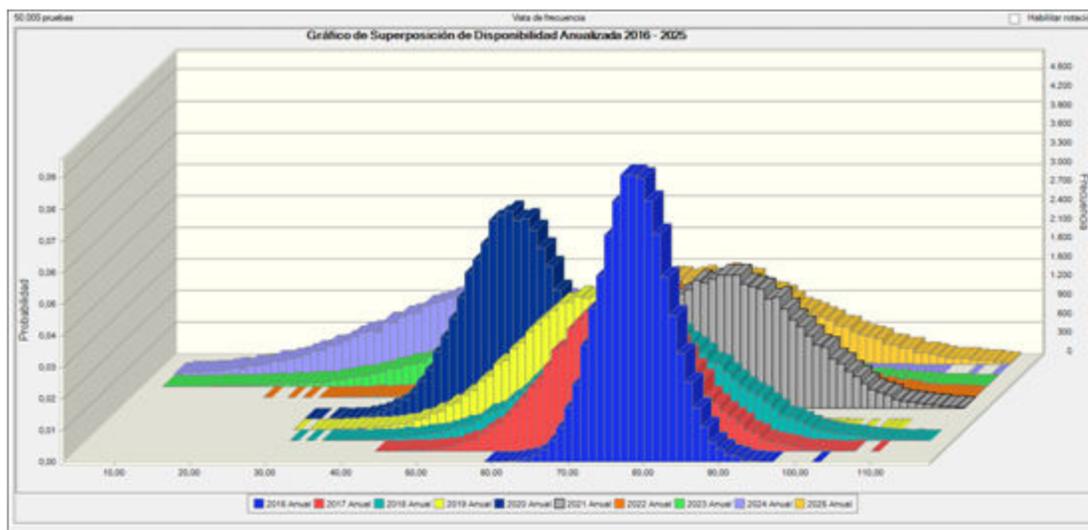


Figura 7. Gráfico de Superposición de Disponibilidad Anualizada de la Instalación (2016-2025).

### JERARQUIZACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS

Una de las ventajas de realizar un Análisis RAM a sistemas e instalaciones complejas, es que del mismo se puede obtener una lista jerarquizada de los activos que tienen mayor aporte a la indisponibilidad del sistema y su afectación al sistema de producción.

Para el caso particular del ejemplo de la instalación analizada, los resultados de la simulación evidencian una tendencia bajista de los valores de la disponibilidad en función del tiempo. De ahí que a partir de estos resultados, se hace necesario identificar oportunidades que apunten a disminuir el riesgo y aumentar la disponibilidad de la instalación, por lo que se

procede a analizar los activos físicos que influyen en la indisponibilidad.

Por tal razón, se verifica en primer lugar cuantos activos tienen un aporte a la indisponibilidad del universo total de equipos de la instalación, y posteriormente se elabora una lista jerarquizada para conocer los activos críticos del sistema y dirigir en ellos las acciones, estrategias y recursos con el objetivo de obtener un mayor rendimiento del sistema productivo (Díaz, 2014). Del gráfico de la figura 8, se tiene que sólo el 28% de los equipos del universo total de instalación, tienen un aporte a la indisponibilidad en caso de fallas. Es decir sólo 308 de los 1100 equipos totales tienen un impacto real en el negocio.

## Aporte de Equipos a la Indisponibilidad de la Instalación



Figura 8. Aporte de Equipos a la Indisponibilidad de la Instalación.

De igual manera, la jerarquización de los activos, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Tabla Lista jerarquizada críticos de la instalación.

Descripción del Equipo	Media de Aporte a la Indisp.	Media de Aporte a la Indisp. Acumulada
Bomba de Despacho de Producto A	9,33%	9,33%
Compresor de Baja Presión A	8,07%	17,40%
Bomba de Despacho de Producto B	7,58%	24,98%
Bomba Booster de Agua A	6,89%	31,87%
Motor del Compresor de Media Presión D	6,62%	38,49%
Bomba de Inyección de Agua Producida A	6,25%	44,74%
Turbogenerador A	5,82%	50,56%
Compresor de Tornillo de Aire de Instrumentos A	5,09%	55,65%
Compresor de Alta Presión B	4,28%	59,92%
Enfriador del Procesamiento de Crudo de BP C	3,71%	63,63%
Enfriador de Producto C	2,89%	66,51%
Motor del Compresor de Alta Presión A	2,82%	69,33%
Bomba de Glicol Pobre de la Unidad Deshidratadora	2,44%	71,77%
Compresor de Media Presión A	2,23%	74,00%
Motor del Compresor de Media B	1,94%	75,94%
Compresor de Alta Presión A	1,84%	77,78%
Intercambiador de calor gas/gas	1,47%	79,25%
Enfriador del procesamiento de producto de BP A	0,51%	79,76%

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS RAM Y SU

## RELACIÓN CON LA GESTIÓN DE ACTIVOS

Los resultados de la simulación del modelo RAM permiten a la Organización:

- Identificar los equipos críticos y los “cuellos de botella” de la instalación.
- Evaluar los perfiles de demanda del producto.
- Verificar del cumplimiento de la función de los activos y volumen de producción

Con esta información, la organización podrá generar objetivos de la gestión de activos como elementos fundamentales del Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA), tal como lo establece la norma (ISO 55001:2014) en el requerimiento 6.2.1. Objetivos de la gestión de activos. “La organización debe establecer objetivos de gestión de activos en las funciones y niveles pertinentes, documentarse y actualizarse como parte del PEGA”.

Algunos objetivos de Gestión Activos que se derivan luego de la aplicación del Análisis RAM en la instalación analizada podrían ser:

- Aumentar la capacidad de producción de la instalación de 15 mil barriles de producto diarios a 17,6 mil barriles diarios durante el 2017.
- Incrementar la disponibilidad de la instalación en un 5% al pasar de 75,21% a 80,21% en el 2017.
- Recopilar los tiempos de falla y de reparación de los activos.

Lárez (2016) señala, que estos objetivos reflejan los resultados que la gestión de activos debe producir a la organización. Por lo tanto, necesitan ser apoyados con acciones de muy alto nivel, que algunas organizaciones suelen llamar acciones estratégicas (El-Akruti, Dwight, & Zhang, 2013). Estas acciones estratégicas deben estar acompañadas con los recursos adecuados, plazos de tiempos de-finidos, metas a lograr y el seguimiento respectivo (Henderson, 2014). Las iniciativas de alto nivel, sin embargo, podrían ser implementadas como proyectos en niveles inferiores de servicio con sus respectivos objetivos al detalle, de tal

manera que puedan alinearse con planes de inferior nivel (Deix, 2012). Por lo tanto, siguiendo las ideas de Lárez (2016), es útil compartir algunos objetivos de nivel inferior que se alinean con los objetivos estratégicos definidos anteriormente:

- Colocar en servicio el segundo Compresor de Baja Presión, y adoptar nuevamente la filosofía de operación 1 de 2.
- Colocar en servicio de un Compresor de Alta Presión del Sistema de Inyección de Gas, durante el primer trimestre del año 2017.
- Para incrementar en un 5% la disponibilidad de la instalación:
  - o Instalar una Bomba de Despacho de Producto adicional, para obtener mayor flexibilidad operacional para mediados del 2017.
  - o Implementar herramientas de confiabilidad tales como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) y Análisis Causa Raíz (ACR) a los equipos más críticos de la lista jerarquizada.
- Implementar un sistema de gestión de mantenimiento asistido por computadora para los activos de la organización durante el año 2017.

### CONCLUSIONES

- La gestión de activos físicos está estrechamente relacionada con el RAM, puesto que esta metodología pretende pronosticar el comportamiento de un conjunto de activos durante un periodo de tiempo determinado, siendo esta una información de gran valía para la definición de los objetivos de la gestión de activos y posterior desarrollo del PEGA.
- El Análisis RAM, permite conocer con cierto grado de certeza el factor de servicio de la instalación y los activos que tienen mayor aporte a la indisponibilidad a través del uso de la probabilidad y estadística y de diagramas de bloques de confiabilidad.
- Los arreglos y escenarios de falla y reparación del Modelo RAM de una instalación son desarrollados en diagramas de bloques de confiabilidad, considerando la filosofía, contexto operacional, interdependencia de los

activos y aspectos del proceso.

- Para mitigar la incertidumbre en este tipo de estudios, se hace uso del Método de Montecarlo, para obtener los distintos resultados posibles del modelo RAM.
- La jerarquización de activos, permite la identificación de los equipos y sistemas críticos de un sistema productivo. Con esto, la asignación de recursos y esfuerzos corporativos será asertiva, y disminuirá la ocurrencia de eventos no deseados que inciden en la productividad de la organización.
- Con la finalidad de definir estrategias que aseguren el cumplimiento de la función de los activos y que estos sean sostenibles en el tiempo, los objetivos de la gestión de activos deben contener un análisis a la indisponibilidad operacional del sistema productivo a través de otras metodologías de Ingeniería de Confiabilidad.

### BIBLIOGRAFÍA

- Calixto, Eduardo. Gas and Oil Reliability Engineering. Modeling and Analysis. (2013). Editorial: Gulf Professional Publishing.
- Deix, S. A., Karoline and Weninger-Vycudil, Alfred. Procedures for Cross Asset Management Optimisation (2012). Procedia - Social and Behavioral Sciences, 48, 2022-2028.
- Díaz, Osberto. Modelación de Sistemas Productivos Complejos a Través del Análisis RAM. (2014). Artículo Presentado en el Congreso Latinoamericano de Gerencia de Activos 2014.
- El-Akruti, K., Dwight, R., & Zhang, T. The strategic role of Engineering Asset Management (2013). International Journal of Production Economics, 146(1), 227-239.
- Henderson, K. P., Georg; Kraska, Olaf. Integrated Asset Management – An Investment in Sustainability (2014). Proc. Engineering, 83, 448-454.
- ISO 55001:2014 Asset Management. Management systems - Requirements
- Lárez, Alexis. Recorriendo la implementación de la Gestión de Activos según la Norma ISO 55001. Publicado en: Predictiva 21, Ed. 17. (2016).

AUTOR:

**OSBERTO DÍAZ**

Ingeniero de Mantenimiento Mecánico  
Consultor de Ingeniería de Confiabilidad  
E&M Solutions International, S.A.



## MONITOREO DE CONDICIÓN Y ASUNTOS DEL CORAZÓN:

*Escuche al Doctor Bob y haga como Larry.*

Véalo de este modo. Larry pide una cita para ver a su doctor quien lo ha tratado durante años. Al llegar, Larry espera como siempre hasta que la recepcionista le indica: "El doctor lo está esperando".

Entra y se sienta, como siempre lo ha hecho en ocasiones anteriores, pero con una expresión muy seria y preocupada en su rostro.

"¿Qué hubo, Larry? ¿Qué puedo hacer por ti hoy?", le dice el doctor. Llamémosle Doctor Bob.

"Bueno, Doc, conoce usted a algún cirujano cardiovascular respetable y confiable?"

Un poco asombrado, Doctor Bob le responde: "¿Y por qué me pregunta eso? ¿Acaso se siente mal?"

"En realidad, no", responde Larry, "pero quiero averiguar cuán saludable está mi corazón, así que pensé que la mejor manera de saberlo sería que me abrieran el pecho y lo revisaran."

Como pueden imaginarlo, el Doctor Bob está perplejo ante la propuesta extrema de Larry y lo compara con un episodio de Monty Python. (Si no han oído hablar de Monty Python, puede que yo sea muy Viejo o ustedes muy jóvenes, pero no importa, sigan leyendo.)

*¿Han escuchado alguna vez la expresión: "si no está roto, no lo arregles?"*

Desafortunadamente, Larry habla en serio y se queda sentado allí, pacientemente, esperando una respuesta.

Habiendo considerado apretar el botón de emergencia, el Doctor Bob prosigue. "Bueno, Larry, no estoy seguro de que quieras hacer eso en realidad, y como tu doctor de hace tanto años, incurriría en un error si no te hago ver los riesgos inminentes de tomar tal decisión."

"¿Riesgos? ¿Cuáles riesgos?" responde Larry. "Durante muchos años, he venido a verme con usted y he permanecido con buena salud desde que tengo memoria. Hago ejercicio regularmente, tomo las comidas adecuadas, y no fumo ni bebo, así que ¿cuál es el riesgo?"

"¿Has oído mencionar la frase "si no está roto, no lo arregles?"

"Claro que sí", responde Larry.

"Bueno, Larry, existen muchas otras maneras

con las que podemos evaluar la salud de tu corazón sin tener que abrirte el pecho". Ciertamente, tienes muy buena salud para tu edad, pero someterte a una intervención quirúrgica mayor no solamente es costosa, sino que puede exponerlo a otros riesgos como una infección, sin mencionar el tiempo que le tomará recuperarse. Considere la posibilidad de no quedar igual que antes de la operación. Todos estos riesgos pueden contribuir a crear un problema donde hasta ahora no lo hay."

Cabe decir que Larry se puso la mano en el corazón (chiste inevitable) luego de hablar con el Doctor Bob, quien le propuso una variedad de prueba no invasivas que lo mantendrían lejos de la mesa del quirófano y le proporcionarían buenas indicaciones sobre el buen estado de su corazón.

Con respecto al corazón de Larry, existen al menos 6 tipos de pruebas no invasivas que pudieran informarle sobre lo que quiere saber. Dependiendo del resultado de dichas pruebas, Larry tendría más datos sobre los cuales tomar decisiones correctas sobre la mejor forma de cuidar su corazón en el futuro y mejorar en los mismos.

***"Esto no significa ser tacaño, sino ser práctico y eficiente en el manejo de sus recursos de mantenimiento y su presupuesto."***

Piense en la historia mencionada anteriormente la próxima vez que vaya a desmantelar algún equipo o activo como parte de una actividad planificada.

El hecho de que una parte de un equipo ha funcionado bien, sin mostrar signos de defecto o fallas, es algo que no debe ser ignorado en la labor de mantenimiento. Al contrario, tome tiempo para considerar con certeza la causa e inclúyalo como factor cuando vaya a decidir cómo van a ser sus futuras inspecciones.

Si se trata de una caja de cambios, el análisis de

aceite es un buen indicador de la salud interna de sus engranajes, etc. Para Larry, una simple prueba de sangre proporcionaría suficiente información sobre sus niveles de colesterol bueno (HDL) y colesterol malo (LDL), por nombrar sólo una de innumerables pruebas posibles.

Tome muestras de sus aceites y revise los reportes de análisis. Considere el uso y las horas de funcionamiento del equipo. Pudiera encontrar que un cambio de aceite puede prolongarse de 12 a 24 meses. Esto no es ser pichirre. Esto es ser práctico y eficiente en el manejo de sus recursos de mantenimiento y presupuesto.

¿Y qué tal un electrocardiograma? Si Larry hubiera dicho que había estado sintiendo palpitaciones fuertes o aceleradas, mareos, falta de aliento o dolor en el pecho, esta sería una excusa ideal para pedir que lo abrieran en lo que seguiría siendo tan sólo una inspección visual. Al menos, sin embargo, Larry hubiera registrado síntomas que le permitirían al Doctor Bob decidir cuáles pruebas aplicar en "modo falla". ¿Ven a lo que me refiero?

***"Excepto que ahora solo tienes que asegurarte de poner cada cosa donde estaba y como lo conseguiste."***

Las inspecciones visuales son un principio vital en cualquier Monitoreo de Condición, pero ¿hace falta abrir una caja de engranajes para hacer dichas inspecciones? Claro que no. Encuentre una ventana de oportunidad, utilice la escotilla de inspección y un boroscopio para identificar cualquier daño posible a los dientes de los engranajes o los cigüeñales, etc. Resulta más económico y menos intenso que desarmar la caja, solo para verificar que está bien.

Luego, tiene que asegurarse de volver a poner todo tal como lo encontró. Oh, y por cierto, producción necesita eso listo para las 7:30 de la mañana, pero no te apures mucho, para que te



dé tiempo a estar en casa para ver Los Simpsons. Consideremos la tabla siguiente en relación con su corazón, y vamos a aplicar la misma manera de pensar en sus activos críticos. Ninguna de estas pruebas le pondrá bajo peligro inminente. Al contrario, cada una de ellas está diseñada para tratar modos o síntomas específicos de fallas y facilitar un diagnóstico de manera que puedan tomarse más decisiones informadas para el tratamiento. ¿Alguien quiere Monitoreo de Condiciones?

Prueba	Cómo funciona	Lo que dicen los expertos
<b>Colesterol</b>	Una prueba de sangre mide su colesterol bueno HDL y su colesterol malo LDL.	La meta es un colesterol por debajo de 160, con LDL bajo 100 y HDL sobre 60. Su promedio no aumenta con la edad, pero los problemas surgen desde los 20s si está genéticamente predispuesto. Revise su historial familiar.
<b>Presión Sanguínea</b>	Una banda inflable alrededor de su antebrazo permite una lectura del paso de su sangre por sus arterias.	La presión sanguínea normal debe estar por debajo de 120 y sobre 80, aunque si se excede un poco o es menor no significa un problema. Pregunte a su doctor cuál es su línea base y lleve un control de la misma.
<b>Electrocardiograma</b>	Electrodos conectados a su pecho, brazo y piernas registra el ritmo e intensidad del corazón	Síntomas tales como palpitaciones, arritmias, pulso acelerado, mareos, falta de aliento, o dolor en el pecho pueden indicar necesidad de esta prueba.
<b>Prueba de esfuerzo</b>	Usted camina en una caminadora y su actividad cardíaca es evaluada en un ECG	Las mujeres tienden a resultados falsos positivos, probablemente por motivos hormonales. Pregunte a su doctor por pruebas complementarias que registren imágenes de su actividad coronaria antes y después del ejercicio.
<b>CT scan</b>	Se toma imágenes del corazón para determinar la severidad de los síntomas.	Advertencia: Un escaneo equivale a la intensidad de 200 rayos X, lo cual puede aumentar el riesgo de cáncer de seno de manera baja pero significativa.
<b>Proteína C reactiva de alta sensibilidad</b>	Una prueba de sangre determina su nivel de proteína C reactiva, indicativa de inflamación.	Estudios recientes recomiendan esta prueba junto a las de presión sanguínea y colesterol. Si se diagnostica un nivel de PCR alto, se le administrará estatina (aún si su colesterol está normal).

Para una caja, considere las siguientes revisiones, ninguna de las cuales son

masivamente intensas, pero pueden arrojar información importante con respecto a su condición y no cuestan mucho:

1. Recorrido de reconocimiento visual
2. Inspección visual por puertos de inspección
3. Inspección por boroscopio
4. Medición de temperatura
  - a. Termómetros
  - b. Detector de resistencia de temperatura (RTD)
  - c. Termógrafo
5. Medición de presión de aceite
6. Medición de sonido y vibración
7. Inspección de elementos de filtro

¿Cuál es la moraleja de la historia? Si no está roto, no lo arregle. Monitóreelo. Mientras más monitoree y aumente su comprensión o conciencia sobre los posibles modos de falla dentro de su activos, estará en mejor posición para ahorrarse acciones de mantenimiento innecesarias, aumentar el ciclo de vida de sus activos, incrementar la confiabilidad y prevenir que pequeños problemas se conviertan en grandes problemas.

Escuche al Doctor Bob y haga como Larry.

[www.avtreliability.com](http://www.avtreliability.com)

AUTOR:

**LIAM DOYLE**

Gerente de Desarrollo de Operaciones  
y Negocios en AVT Reliability (Irlanda) Ltd  
[liamdamiendoyle@gmail.com](mailto:liamdamiendoyle@gmail.com)

TRADUCCIÓN:

**RICHARD SKINNER**



## WIRAM

### EL LADO *femenino* DE LA INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO

TEXTO:

MAITE AGUIRREZABALA/ ALIMEY DÍAZ

TRADUCCIÓN:

RICHARD SKINNER

Las ingenierías y las ciencias duras en general siempre se han asociado con actividades masculinas. La presencia de científicos e investigadores, a lo largo de la historia, recoge la amplia presencia de hombres y muy pocas mujeres. Evidentemente, los roles y las diferencias sociales de otras épocas, la imposibilidad de las mujeres de acceder al estudio y su reducción a roles caseros y de género, incidió notablemente en la tardía aparición de la mujer en el ámbito científico.

Desde principios del siglo XX esto comenzó a cambiar notoriamente. Sin embargo, es evidente que a las féminas les falta mucho por recorrer si quieren igualar a sus pares masculinos en el área científica. Superando de una vez por todas las antiguas creencias de la inferioridad intelectual de la mujer, se hace evidente que en el ámbito laboral las ingenierías siguen dominadas por los hombres, en tanto las carreras sociales, sanitarias y comerciales están dominadas por las chicas.

WIRAM es una organización norteamericana que agrupa a las damas que hacen vida en el ámbito de la ingeniería, y nos referimos a ingenierías "duras", como mantenimiento y Asset Management. Maura Abad, Directora de WIRAM, conversó con nosotros para esta

edición especial y he aquí sus impresiones del papel que juega la mujer dentro del área:

***¿Cómo, cuándo y por qué se fundó WIRAM? ¿Cuál es su propósito principal?***

En Junio del 2015, Kelly O'Hanlon, Co-fundadora de Reliabilityweb.com, tuvo la idea de organizar este grupo. Nuestra misión es empoderar a las mujeres alrededor del mundo para entender la importancia de la Gestión de Activos y la Confiabilidad y su papel en la sociedad, y cómo utilizar este conocimiento y aplicarlo para las mejores prácticas y el logro de la excelencia operacional. Es por ello que hemos valorado: La Integridad, La Honestidad, El Respeto, La Comunicación y El Compartir.

***¿Qué influencia, avances o aportes esperan tener ustedes, como grupo profesional, en el campo de la ingeniería de mantenimiento?***

Nuestras metas han sido conocer a las mujeres involucradas en la industria de Gestión de Activos y Confiabilidad, además de crear conciencia sobre este grupo alrededor del mundo, así como también asistir a reuniones mensuales (webinarios) relacionados con las últimas tendencias y tópicos en la industria,

organizar reuniones “cara a cara”, dos veces al año para finalmente tener un espacio para compartir conocimientos e ideas.

### ***¿En qué áreas geográficas y comerciales tiene influencia WIRAM?***

Estamos en todo el mundo. Nuestras series de webinarios permiten a hombres y mujeres conectarse cada mes a estos recursos educativos en línea.

### ***Según estudios internacionales, hay pocas mujeres que estudian ingeniería, o ingenierías duras. ¿A qué creen que se debe esto? ¿Esperan ejercer algún tipo de influencia a través de WIRAM, para cambiar estos esquemas de selección?***

Es correcto. Existe algo llamado el “Síndrome del Impostor”, el cual puede definirse como un cúmulo de sentimientos de cosas inadecuadas que persisten aún frente a la información que indican que lo opuesto es lo verdadero. Y ciertamente, esperamos empoderar a las mujeres y hacerles entender que somos capaces de cualquier cosa que queramos alcanzar.

### ***¿Cuáles son planes como organización a largo plazo en el mundo del mantenimiento? ¿WIRAM tendría representaciones en otros países?***

Buscamos incrementar el número de mujeres en la industria al permitirles participar en webinarios, paneles de discusión, dando charlas y escribiendo libros y artículos. Para así conectarnos con mujeres estudiantes universitarias y hacerles saber el papel que pueden cumplir en su trabajo en el área de la Gestión de Activos y la Confiabilidad. La idea es tener capítulos locales de WIRAM en cada continente del mundo.

### ***¿Con qué otras asociaciones tienen sinergia? ¿Qué resultados han obtenido***

### ***de estos intercambios? ¿Tienen relación con alguna otra institución que agrupe a mujeres en ingeniería?***

Nos complace que existan otras organizaciones en apoyo a la mujer. Tratamos de participar activamente en otros grupos también.

Este año, hemos asistido a la reunión de Women Drone y es satisfactorio ver tanto talento y capacidad femenina en el ramo.

### ***Retomando el tema de la escasez de mujeres en el área de ingeniería, ¿consideran ustedes que los modelos educativos actuales promueven la igualdad de género en el ámbito profesional? ¿Habría algo que cambiar? ¿O no?***

Ciertamente, existe más espacio disponible para crecer dentro del campo de la ingeniería. La parte más importante viene de cada individuo creyendo en su propio potencial al máximo.

### ***En su opinión, ¿Cómo se compagina una carrera tan exigente como la ingeniería, con un ejercicio tan absorbente como la maternidad? ¿Trae esto complicaciones a nivel laboral? ¿Cómo lo resuelven?***

Las mujeres podemos hacerlo todo. Hemos conocido muchas ingenieras en el grupo y ellas tienen tiempo para dedicarle a sus familias, sus carreras y metas. Cada una de nosotras debería establecer este nivel en nuestros lugares de trabajo. Cuando tienes responsabilidades de alto nivel, debes contar también con el apoyo de los miembros de tu equipo para lograr compaginar ambos mundos.

### ***¿Qué postura tiene WIRAM ante las nuevas tendencias de la industria, como***

*la industria 4.0, o el internet de la cosas? ¿Es posible humanizar los procesos para mantener los activos en las organizaciones?*

El IIOT, análisis predictivo son tópicos sobre los cuales todos están hablando actualmente. El Internet de las Cosas depende del Internet de la Gente (IOP = Internet of People).

*Para terminar ¿se han planteado la posibilidad de realizar un congreso o evento de ingeniería destinado específicamente a las mujeres dedicadas al mantenimiento?*

Claro, estamos considerando esto y esperamos muy pronto poder lograr reunir a todas féminas del área.

La directora de WIRAM, **Maura Abad**, finalizó invitando a todas las mujeres alrededor del mundo, de cualquier idioma, a que se contacten con esta organización y sean parte del grupo. Aquellas quienes deseen integrarse pueden entrar en **[www.maintenance.org](http://www.maintenance.org)** en la sección de WIRAM o contactar a Abad a través de **[maura@reliabilityweb.com](mailto:maura@reliabilityweb.com)**.

Abad agradeció a **Predictiva21** por dar el espacio para promover el trabajo que vienen realizando en cada uno de los eventos en los que participan.



**WIRAM**

Women in Reliability  
and Asset Management







## FINALIZA CON ÉXITO LA EDICIÓN DE LA SEMANA DEL FACILITY MANAGEMENT EN SAN JOSÉ, COSTA RICA: *Una nueva asociación en el mapa del FM*

Madrid, 21 de noviembre de 2016

Del 8 al 11 de noviembre tuvo lugar en San José La Semana del Facility Management. Durante esos días, se reunieron profesionales del sector con un interés común: el desarrollo del FM en la región. En Costa Rica, como ocurre en la mayoría de los países latinoamericanos, el Facility Management se encuentra aún en potencial crecimiento. Sin embargo, la disciplina cuenta con un avance mayor que en otras regiones, debido fundamentalmente a la presencia de grandes multinacionales ubicadas allí que han llevado a nivel local sus modelos de gestión implantados a nivel internacional.

En un país altamente preocupado por la situación medioambiental, el evento se inauguró con las visitas guiadas a dos de los edificios con certificación LEED en la categoría Commercial Interiors en Costa Rica: Schneider-Electric (Platinum) y Roche (Gold). La agenda del evento siguió con la jornada de foros y conferencias y ese día todos los asistentes pudieron compartir con otros profesionales sus experiencias en el desempeño de su actividad y la realidad del día a día al cual se enfrentan en sus organizaciones.

Se comenzó con el foro sobre la creación de la asociación local de Facility Management, uno de los principales objetivos del evento LSDFM.

La iniciativa fue aceptada con gran entusiasmo y participación y comenzó con la creación de un comité provisional formado por Adrián Chaves (Vention Medical), Orlando Murillo (GBC-CR), Raquel Delgadillo (CFIA), Ricardo Villalobos (Render U) y Victor Villarreal (Samtec) que propondrán las directrices para llevar a cabo la primera reunión general prevista a finales de mes con todos los interesados en participar en el proyecto. Costa Rica formará parte de las asociaciones de nueva creación organizadas a raíz del evento LSDFM como fue el caso de Panamá, Perú, Chile, Colombia o México.

Otro de los objetivos del evento es generar la plataforma de debate para la participación de Costa Rica en la normativa ISO de FM y el foro de la creación de la asociación fue seguido del de normalización con la participación de Alexandra Rodríguez, Directora de normalización de INTECO que abrió el debate sobre la situación de la normalización en el país y la posible inclusión de Costa Rica como comité espejo, incrementando la participación que ya tiene a nivel internacional.

Grandes empresas como Vention Medical, GBC-CR, Emerson, Hewlett-Packard, GFT, Schneider-Electric, Cargill, Chiquita y Citi fueron los protagonistas de las conferencias. Todos los

vídeos de las ponencias y entrevistas estarán disponibles en la APP CIFMers, donde se podrán visualizar libremente las experiencias compartidas en el evento y aprender de los mejores profesionales del sector.

El final del evento se llevó a cabo de la mano de David Martínez, director del Instituto FMHOUSE con un curso de formación especializada en Facility Management, sobre Introducción al FM y Herramientas de gestión, cuyo contenido es un extracto del Master Internacional online de Dirección en FM que certifica el propio Instituto.

Con el cierre de una nueva edición de LSDFM, CIFMERS GLOBAL como organizadora del evento, sigue posicionándose como la plataforma que promueve el desarrollo del Facility Management a nivel internacional. Generando alianzas en el sector y poniendo en contacto a sus profesionales, la disciplina será más reconocida dentro y fuera de las organizaciones y la creación de una nueva asociación es el reflejo de esa consolidación y de la energía que existe para impulsar una profesión en auge.



Alexandra Rodríguez,  
Directora de normalización de INTECO



Alfonso Calderón, Facilities and Global Operations  
en CHIQUITA como moderador del bloque



Edificio Roche



# RESOLUCIÓN DE FALLAS RECURRENTE DE ALTO IMPACTO en componentes de COMPRESORES RECIPROCANTES COMPLEJOS, usando la METODOLOGÍA ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (ACR), basada en los criterios de GESTIÓN DE GERENCIA DE ACTIVOS y Norma ISO-55000-2014.

Las empresas dedicadas a procesos industriales, gerencian con los criterios de Planificación Estratégica de Gerencia de Activos, se guían por la Norma ISO 55000-2014, como requisito mandatorio para que los procesos productivos cumplan con el objetivo de suministrar a los dueños de empresas la seguridad y el cumplimiento de los objetivos de producción, a fin de agregar valor a la organización. Para enfrentar este reto, los procesos industriales deben ser óptimos desde el punto de vista técnico y económico. Una de las palancas para asumir este compromiso, es la implementación de un sistema de Gestión de Gerencia de Activos establecido en la Norma ISO-55000, con el firme objetivo de convertir a la organización en efectiva, eficiente y adquirir sostenibilidad en el ciclo de vida del activo físico.

Para cumplir con los objetivos que se plantea la Gestión de Gerencia de Activos, se deben implementar acciones de alto nivel y recursos adecuados, que conviene que estén acompañados de estudios especiales. Es aquí donde interviene la Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad, contribuyendo a la optimización y al máximo beneficio de los activos. En los términos de Ingeniería de Mantenimiento, se refiere a aquellas disciplinas que proponen métodos y herramientas técnicas

para la solución de problemas reales en una determinada instalación. La metodología ACR, nos va a llevar a determinar la causa raíz de falla sobre un componente y va a generar acciones concretas para que el evento no deseado desaparezca y contribuya directamente a mejorar la disponibilidad y confiabilidad del activo físico. Adicionalmente, se derivan estudios especializados durante el desarrollo de la metodología que soportará técnicamente la investigación del caso de estudio.

## BASES TEÓRICAS

La metodología está basada en los criterios de las teorías Análisis Causa Raíz (ACR) de un fallo, aplicable en Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad. Las definiciones básicas aplicables son las siguientes:

**Activo:** Es un conjunto de actividades coordinadas de una organización para obtener un valor a partir de los activos físicos, estableciendo un compromiso de referencia para la gestión de la organización. (Norma ISO 55000, 2014).

**Confiabilidad:** La Confiabilidad está basada en el análisis probabilístico del tiempo para la falla o historial de fallas es la rama de la confiabilidad que estudia la variable aleatoria

“tiempo para la falla” (Virtual). En esta rama de la confiabilidad, el insumo básico para el análisis son bases de datos donde se almacenan las historias de fallas de equipos.

La Confiabilidad Basado en el Deterioro o física del Fallo es aquella que considera que el fallo es la última fase del proceso de deterioro y se enfoca en tratar de entender como ocurre la falla. Como ya lo hemos mencionado antes la confiabilidad es la probabilidad de que un componente, equipo o sistema opere sin fallar, en un periodo específico o tiempo-misión. La confiabilidad se representa por la siguiente ecuación (Ec 1):

$$C(t) = e^{-\lambda t} = e^{-(1/TPPF)t}$$

Donde,

t = tiempo de la misión (hrs; días; semanas, meses, años etc.)

$\lambda$  = tasa de falla

TPPF =  $1/\lambda$  = tiempo promedio para fallar o tiempo promedio entre fallas.

Nota: Esta ecuación es válida para tiempos para la falla que sigan la distribución exponencial.

**Disponibilidad:** Es la probabilidad de que un activo sea capaz de realizar su función de manera satisfactoria, cuando sea necesario, en un entorno determinado. La disponibilidad es una función de la confiabilidad y la mantenibilidad. (O’Hanlon, 2014).

La disponibilidad se representa por la siguiente ecuación (Ec. 2):

$$D = TPEF / (TPEF + TPPR)$$

Donde,

D = Disponibilidad

TPEF = Tiempo medio entre fallas

TPPR = Tiempo promedio para reparar

**Falla:** Falla es el efecto que se origina cuando un componente, equipo, sistema o proceso deja de cumplir con la función que se espera que realice.

**Fallas Crónicas o recurrentes:** Son aquellas fallas que ocurren con frecuencia. En ocasiones llegan a ser aceptadas como normales debido a que no se requiere mucho tiempo para ser corregidas, pero que a la larga impactan en el estado de resultados.

**Fallas Catastróficas:** Una falla que causa la pérdida total de un ítem y que puede generar daños al personal, medio ambiente y a la instalación.

**Hipótesis:** Es una conjetura o suposición que se admite provisionalmente para ser verificada o validada, y si el resultado es verdadero, la misma se convierte en hecho.

**Causa de Falla (Causa Raíz):** Las causas de las fallas pueden ser físicas, humanas u organizacionales. En general, pueden ser derivadas de procesos de deterioro por razones físicas o químicas, defectos de diseño, malas prácticas operacionales o de mantenimiento, baja calidad de materiales o refacciones, u otras razones organizacionales, como presiones en los objetivos de producción, cambios en el contexto operacional, alta rotación del personal, falta de difusión o inexistencia, así como de ejecución de trabajos por personal no certificadas, que conducen a la falla.

**Análisis Causa-Efecto:** Es una herramienta utilizada en la Metodología de ACR para ordenar gráficamente el análisis de manera secuencial. Parte del evento o problema atraviesa los diferentes modos de falla e identifica la relación de causa y efectos hasta llegar a las causas raíces del evento.

**Método Delphi:** Según el Handbook of Knowledge Society Foresight de la European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, el Método Delphi es utilizado con mucho éxito para solicitar la opinión de expertos. La base del método es que un grupo de expertos realice una votación individual y ésta se exponga al resto del grupo

para que funja como retroalimentación a las opiniones individuales. Luego se realiza una o varias iteraciones, donde los participantes son informados sobre las razones particulares de las votaciones, hasta que las votaciones converjan a un punto de consenso.

**DESARROLLO**  
**Análisis de Oportunidades Perdidas (AOP):**

El estudio se inicia con un Análisis de Oportunidades Perdidas (AOP), el cual identifica y cuantifica los impactos de las fallas anteriormente identificadas. Esto se realiza en función de las frecuencias de fallas y los impactos que afectan la producción y los costos de mantenimiento. La Figura No. 1. muestra el acumulado de las horas por tipo de fallas. La Figura No. 2, representa el porcentaje de las fallas que se dieron a raíz de cada uno de los eventos de falla. La Figura No. 3, muestra el impacto que ha producido las fallas recurrentes en este tipo de compresores recíprocos, fundamentalmente en el conjunto alternativo compuesto por vástago-sellos de gas y sellos de aceite. Representa una oportunidad perdida en la producción de MM\$ 12,93 por año para la planta.



Figura No. 1

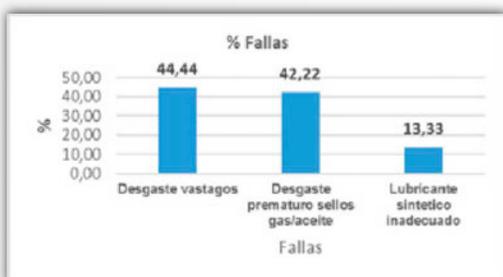


Figura No. 2



Figura N° 3

**ACR:** El proceso de análisis se llevará a cabo de forma gráfica con la finalidad de ordenar secuencialmente el evento, modos de fallas e hipótesis para llegar a identificar las causas que dieron origen a las fallas, que si son corregidas prevendrán su recurrencia. Para efectuar un análisis detallado de las fallas recurrentes del sistema, se utiliza la propuesta metodológica de árbol de fallas, denominado Modulo de ACR®, perteneciente a la Suite de Confiabilidad "Optimus®" desarrollada por la empresa "E&M Solutions, C.A".

**Beneficios de aplicación del ACR:**

- Reducción del número de fallas, incidentes y desperdicios.
- Reducción de gastos y producción diferida asociada a fallas.
- Mejoramiento de la eficiencia, rentabilidad y productividad de los procesos.
- Dónde y cuándo se debe aplicar ACR
- En forma proactiva para eliminar fallas recurrentes de alto impacto en costos de operación y mantenimiento.
- En forma reactiva para resolver problemas complejos que afectan la organización.
- Equipos/Sistemas con un alto costo de mantenimiento correctivo.
- Particularmente, si existe una data de fallas de equipos con alto impacto en costo de mantenimiento o pérdida de producción.

El proceso consiste fundamentalmente en reunir un equipo multidisciplinario de técnicos con el objeto de desarrollar el árbol de fallas, que posteriormente acompañados de cada uno

de los especialistas se transforma en una investigación, pasando por cada una de las etapas hasta completar el análisis, tomando en consideración los siguientes aspectos vitales para el estudio:

### Partes de información asociadas a la falla

- Ubicación del evento físico.
- Documentos de interés relacionados con el evento, planta y maquinaria.
- Paradigmas del personal relacionado con el equipo, componente o planta.
- Información proveniente de testigos presenciales y protagonistas.

### Acciones / Procedimiento

La ejecución de un Análisis Causa Raíz comprende los siguientes pasos:

- Conformación del Equipo Natural de Trabajo. (ENT)
- Definición del problema y jerarquización.
- Definición de los modos de falla.
- Definición y validación de hipótesis (Matriz de Verificación de Hipótesis).
- Definición de las causas raíces (Físico, Humano, Latentes).
- Identificación de soluciones y recomendaciones.
- Evaluación de las soluciones propuestas.

El equipo natural de trabajo (ENT) se integró con personal que estaba relacionado directamente con las operaciones y mantenimiento de la planta, especialistas en el área de confiabilidad e ingenieros especialistas en cada una de las disciplinas de interés. La figura No. 4, representa un esquema típico del ENT.



Figura No. 4

**Árbol de falla:** La Figura No. 5, muestra el árbol de falla elaborado mediante la metodología aplicada, "Modulo ACR ®", para abarcar los pasos anteriores e iniciar la conformación del árbol de fallas.



Figura No. 5

Con la data analizada de la bitácora de operaciones y mantenimiento de la planta, se procedió a definir el evento como "Fallas recurrentes en sellos y vástagos de los compresores recíprocos complejos". Debido a que pudieran ser los responsables de las fallas y causas de las fallas de lo que ha ocurrido como evento. Tabla No. 1.

EVENTO	MODOS DE FALLAS	MODOS DE FALLAS INTEGRADOS
"Fallas recurrentes en sellos y vástagos de los compresores recíprocos complejos"	Fuga de gas en sellos	Fuga de gas y aceite en sellos
	Fuga de aceite en sellos	

Tabla No. 1

Una vez definido el evento de la (s) falla (s), se procede con la metodología a determinar los modos de fallas que implican a los componentes que han dejado de cumplir su función. En este caso se determinaron dos modos de fallas, tales como "Fuga de gas y aceite en los sellos", como producto de haber dejado de ejercer su función, la cual es de sellar o no permitir fugas de gas y aceite. Debido que los modos de fallos están ubicados en un mismo componente y afecta de igual forma el comportamiento, se ha integrado en un solo modo de falla. El porcentaje en peso del modo de falla es de 100%, debido a la integración. Tabla No. 1.

Se definieron las hipótesis para el modo de falla estudiado, determinando que existen tres modos de fallas intermedios que serían objeto de comprobación: Desgaste del vástago (44,44 %), Desgaste prematuro de los sellos de gas y aceite (42,22 %) y falla de lubricación (13,33 %). Como se puede observar, el 86,67 % de los problemas recurrentes están centralizados en dos hipótesis, por lo que se deberán comprobar mediante estudios y el 13,33 % restante para el análisis de la falla respecto a lubricación. Tabla No. 2.

MODOS DE FALLAS INTERMEDIOS
Desgaste del vástago
Desgaste prematuro del sello
Falla Lubricación

Tabla No. 2

**Validación de hipótesis:** Una vez analizados los modos de fallas, se procede a generar las hipótesis que no son más que las causas físicas, latentes y humanas que se desprenden de los modos de fallas determinados por el ENT. Del estudio se desprenden 07 hipótesis que se deben comprobar mediante pruebas de validación con evidencias de cada una de ellas.

La Tabla No. 3, contiene un resumen de los modos de fallas, hipótesis y los requerimientos para validar las hipótesis.

Tabla No. 3

No.	Modo de Falla	Modo de Falla Intermedio	Hipótesis	Evidencia a Recabar
1	Fuga de gas y aceite en sellos	Desgaste del vástago	Desalineación del vástago	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar las especificaciones finales de ensamblaje de los trenes alternativos. (Alineación del vástago y cilindro compresor)</li> </ul>
2			Falla lubricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar bitácoras para verificar si existe reporte de falla de lubricadores, bomba y accesorios.</li> <li>Verificar las especificaciones del aceite sintético.</li> <li>Verificar si el aceite sintético cumple con la viscosidad y es adecuado para el servicio</li> </ul>
3			Material inadecuado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar los certificados de origen de los vástagos</li> <li>Realizar ensayos NDT y destructivos del vástago con la finalidad de determinar si el material utilizado es adecuado para las condiciones operacionales del servicio</li> </ul>
4		Desgaste prematuro del sello	Desalineación del vástago	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar las especificaciones finales de ensamblaje de los trenes alternativos. (Alineación del vástago y cilindro compresor)</li> </ul>
5			Falla Lubricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar bitácoras para verificar si existe reporte de falla de lubricadores, bomba y accesorios.</li> <li>Verificar las especificaciones del aceite sintético.</li> </ul>
6			Material inadecuado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar los certificados de origen de los sellos</li> <li>Verificar el número de parte original de los sellos de aceite y gas</li> </ul>
7		Falla lubricación	Aceite fuera de especificaciones o inadecuado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar estudio de aceite sintético para verificar si las especificaciones del aceite son adecuadas para el servicio</li> </ul>

**Causas raíces físicas:** Una vez validadas las 07 hipótesis analizadas, se identifican las causas raíces físicas, que deben ser corregidas para restablecer las condiciones anormales que

generan las fallas repetitivas en los compresores recíprocos. La Tabla No. 4, muestran las causas raíces físicas encontradas de los modos de fallas analizados.

No.	Modo de Falla	Modo de Falla Intermedio	Causas Físicas	Evidencia a Recabar	Validada (Si / No)	Observaciones
1	Fuga de gas y aceite en sellos	Desgaste del vástago	Desalineación del vástago	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar las especificaciones finales de ensamblaje de los trenes alternativos. (Alineación del vástago y cilindro compresor)</li> </ul>	Si	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se tienen las evidencias de ensamblaje de los trenes alternativos que las tolerancias estaban dentro de las especificaciones del fabricante. Vástago -Cilindro compresor - caja de sellos.</li> </ul>
2			Falla lubricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar bitácoras para verificar si existe reporte de falla de lubricadores, bomba y accesorios.</li> <li>Verificar las especificaciones del aceite sintético.</li> <li>Verificar si el aceite sintético cumple con la viscosidad y es adecuado para el servicio</li> </ul>	Si	<ul style="list-style-type: none"> <li>No existe en los reportes de mantenimiento, falla de lubricadores, bomba y accesorios del sistema de lubricación forzada de la maquinaria.</li> <li>Se verificaron las especificaciones del aceite sintético encontrando que estaban dentro de las especificaciones del fabricante.</li> <li>Se realizó un estudio del comportamiento de la viscosidad con la temperatura de operación de los sellos-vástago, encontrándose que estaban dentro de las especificaciones recomendadas por el fabricante.</li> </ul>
3			Material inadecuado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar los certificados de origen de los vástagos</li> <li>Realizar ensayos NDT y destructivos del vástago con la finalidad de determinar si el material utilizado es adecuado para las condiciones operacionales del servicio</li> </ul>	Si	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dentro de la documentación recabada, no se ubicaron los certificados de origen de los vástagos. El perdido solo indicaba que los vástagos tenían un número de parte diferente al del fabricante original (sustituto) y que cumplían con las especificaciones para el servicio.</li> <li>Se realizaron ensayos no destructivos y destructivos de uno de los vástagos, encontrándose defectos en el material del vástago. Ver evidencia en cuerpo del informe.</li> </ul>
4		Desgaste prematuro del sello	Desalineación del vástago	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar las especificaciones finales de ensamblaje de los trenes alternativos. (Alineación del vástago y cilindro compresor) archivos de esta falla.</li> </ul>	Si	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se tienen las evidencias de ensamblaje de los trenes alternativos que las tolerancias estaban dentro de las especificaciones del fabricante. Vástago -Cilindro compresor - caja de sellos.</li> </ul>
5			Falla Lubricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar bitácoras para verificar si existe reporte de falla de lubricadores, bomba y accesorios.</li> <li>Verificar las especificaciones del aceite sintético.</li> </ul>	Si	<ul style="list-style-type: none"> <li>No existe en los reportes de mantenimiento, falla de lubricadores, bomba y accesorios del sistema de lubricación forzada de la maquinaria.</li> <li>Se verificaron las especificaciones del aceite sintético encontrando que estaban dentro de las especificaciones del fabricante.</li> <li>Se realizó un estudio del comportamiento de la viscosidad del aceite con la temperatura de operación de los sellos-vástago, encontrándose que estaban dentro de las especificaciones recomendadas por el fabricante.</li> </ul>
6			Material inadecuado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar los certificados de origen de los sellos</li> <li>Verificar el número de parte original de los sellos de aceite y gas</li> </ul>	Si	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se verificaron con los certificados de origen de los sellos de gas y aceite, encontrando evidencias que coincidían con los números de parte originales del fabricante. Esto se verificó con el packing list del material.</li> </ul>
7			Aceite fuera de especificaciones o inadecuado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar estudio de aceite sintético para verificar si las especificaciones del aceite son adecuadas para el servicio</li> </ul>	Si	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se realizó un estudio del comportamiento de la viscosidad del aceite con la temperatura de operación de los sellos-vástago, encontrándose que estaban dentro de las especificaciones recomendadas por el fabricante.</li> </ul>

Tabla No. 4

**Causas humanas:** La Tabla No. 5, muestra la causa raíz humana que motiva una serie de eventos de fallas en los sellos de gas, aceite y vástagos de los compresores recíprocos, fundamentalmente por la ausencia de

requerimientos de los certificados de origen y calidad de los componentes suministrados por un fabricante replicador de componentes para compresores recíprocos.

No.	Modo de Falla	Modo de Falla Intermedio	Causas Humanas	Evidencia a Recabar	Validada (Si / No)	Observaciones
1	Fuga de gas y aceite en sellos	Desgaste del vástago	Omisión de requerimientos de control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar los certificados de origen de los vástagos</li> <li>• Realizar ensayos NDT y destructivos del vástago con la finalidad de determinar si el material utilizado es adecuado para las condiciones operacionales del servicio</li> </ul>	Si	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentro de la documentación recabada, no se ubicaron los certificados de origen de los vástagos. El perdido solo indicaba que los vástagos tenían un número de parte diferente al del fabricante original (sustituto) y que cumplían con las especificaciones para el servicio.</li> <li>• Se realizaron ensayos no destructivos y destructivos de uno de los vástagos, encontrándose defectos en el material del vástago. Ver evidencia en cuerpo del informe.</li> </ul>

Tabla No. 5

**Causas latentes:** La Tabla No. 6, contiene las causas latentes encontradas como resultado del análisis, ya que la organización decidió

seleccionar el criterio económico de reducción de costos Vs el criterio técnico de la maquinaria y su contexto operacional.

No.	Modo de Falla	Modo de Falla Intermedio	Causa Latentes	Evidencia a Recabar	Validada (Si / No)	Observaciones
1	Fuga de gas y aceite en sellos	Desgaste del vástago	Omisión de requerimientos de control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar los certificados de origen de los vástagos</li> <li>• Verificar que los vástagos eran fabricados por el fabricante original</li> </ul>	Si	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La organización decidió adquirir vástagos de un fabricante no original para reducir costos de mantenimiento, sin considerar los criterios técnicos.</li> </ul>

Tabla No. 6

### Estudios y validaciones realizadas durante el ACR:

I. Verificación de las tolerancias ensamblaje de los trenes alternativos vástago-Cilindro compresor-caja de sellos. Se procedió a revisar el informe técnico de las tolerancias dejadas durante el ensamblaje del compresor, verificando que las tolerancias de ensamblaje final de alineación de los vástagos,

se encontraban dentro de las especificaciones del fabricante. (1,8 milésimas de pulgadas)

II. Determinar si el lubricante sintético actualmente utilizado en los compresores CB, Modelos L-6, se adecua a las condiciones del servicio de compresión de gas natural para altas presiones y temperaturas de cilindros, vástagos y sellos, en el proceso de re-inyección de gas.

**Condiciones del contexto operacional. Tabla No.7:**

PARAMETROS	CONDICIONES DE OPERACION C-4				
	C-4 2014	C-4 2014	C-4 2014	C-4 2014	C-4 2014
P.SUCCION GAS [PSI]	(2828 - 3137)	(3289 - 3394)	(3351 - 3399)	(3305 - 3419)	(3161 - 3342)
T.SUCCION GAS [F]	(124 - 130)	(120 - 125)	(120 - 126)	(120 - 125)	(120 - 130)
P.DISCARGA GAS [PSI]	(7517- 7563)	(7318- 7413)	(7338- 7415)	(7330- 7446)	(7322- 7410)
T.DISCARGA GAS [F]	(247 - 269)	(223 - 234)	(232 - 247)	(217 - 240)	(224 - 243)
T. PACK. CE [F]	(126 - 244)	(129 - 203)	(149 - 205)	(95 - 229)	(122 - 214)
T. PACK. HE [F]	(175 - 226)	(110 - 202)	(113 - 208)	(151 - 221)	(138 - 243)
T. AGUA CAM. Cil.[F]	99 - 105	90 - 106	83 - 107	84 - 101	93 - 102

**Límites de temperaturas de operación de los sellos – vástagos. Tabla No. 8**

T. SELLOS. CE [F]		T. SELLOS. HE [F]	
Limite Max.	Limite Min.	Limite Max.	Limite Min.
244	126	226	175
203	129	202	110
205	149	208	113
229	95	221	151
214	122	243	138
219	124,2	220	137,4

**Curvas de temperaturas reales de operación en los sellos-vástago del CE/HE.**

La figura No. 6, ilustra el ancho de banda que corresponde a los límites de temperaturas máximos y mínimos que operan los sellos-vástagos y las temperaturas de descarga del gas, siendo consistentes en todos los casos. La figura No. 7, muestra las presiones de succión y descarga de los cilindros compresores.



**Figura No. 6**



**Figura No. 7**

Una vez obtenidas las condiciones de borde, se procedió a la revisión de los requerimientos o especificaciones del fabricante para el adecuado análisis del comportamiento del aceite sintético.

**Requerimientos del fabricante para la lubricación de vástagos y sellos.**

CE Services en la bibliografía disponible de manuales y boletines de servicios “Engineering Sales Services”, data e informaciones enviadas al cliente, no especifica claramente qué tipo de aceite sintético debe ser utilizado para las condiciones a las cuales están operando los vástagos- sellos y cilindros, solo para aceite mineral incluye propiedades típicas y algunos detalles respecto a los lubricantes.

En la referencia CA Company de Lubricación Forzada para Compresores (ESS-L-168 de 1968), Lubricación de Compresores (ESS-L-811) y recomendaciones de lubricación para compresores reciprocantes, frame y cilindros SUP (ESS-1002), solo se menciona que para presiones sobre 4000 PSI, se debe usar un aceite con viscosidad mayor a 200 SSU, con la adición de 3% a 5% sobre este valor para fluidos como gas natural e hidrocarburos. Adicionalmente, realiza ciertas consideraciones sin especificar el tipo de aceite:

1. Viscosidad por encima de 200 SSU para cilindros de diámetros hasta de 10 pulgadas.
2. Mínimo punto de inflamación de 400 °F.

En función de estos requerimientos, se evaluó inicialmente desde el punto de vista de propiedades típicas el aceite sintético Shell

Madrela GP-220 por requerimientos del cliente, debido a que actualmente se está aplicando en los compresores recíprocos CB, modelo L-6. Adicionalmente, se incluyen otras marcas de aceites sintéticos con la finalidad de construir las curvas comparativas en función de sus propiedades y poder, de acuerdo a las condiciones operacionales o de borde, determinar que los lubricantes se adecuan al servicio.

En aplicaciones de alta presión usando compresores recíprocos, se pueden citar experiencias recientes de instalaciones similares que operan en rangos de 3.000 PSI hasta 10.000 PSI, con uso de lubricantes sintéticos que se mencionan a continuación e incluidos en dichas curvas. (Figura No. 8)

Las marcas son las siguientes:

- Royco 880
- Royal Purple CAP-680

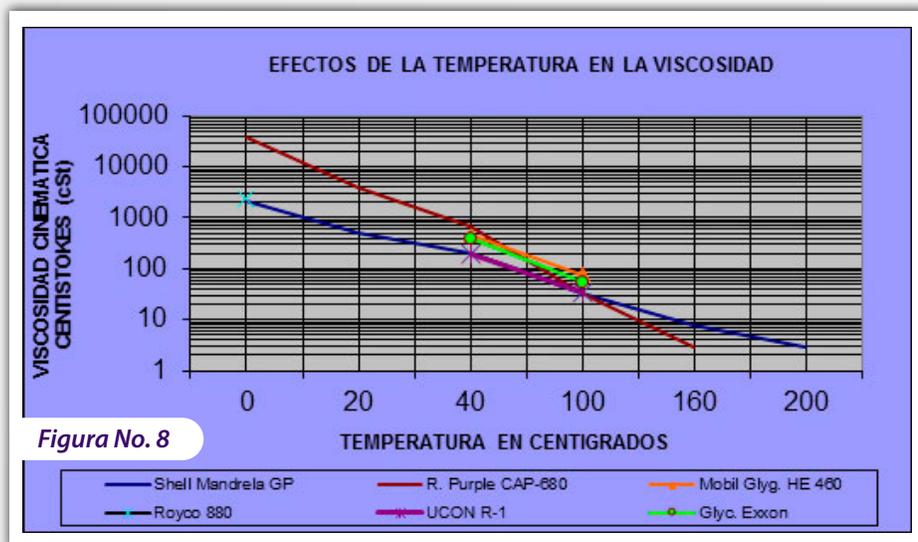


Figura No. 8

- Mobil Glygoyle HE-460
- Por otra parte, se escogieron otras marcas de aceites sintéticos, de los cuales no se cuenta con información suficiente de aplicaciones para estos rangos de operación. Sin embargo, se analizaron sus características desde el punto de vista de propiedades típicas. Estas marcas de lubricantes se presentan a continuación:
- Glycolube

- UCON R-1
- El resultado de la variación de la viscosidad con la temperatura se muestra en la Figura No. 8. Las curvas indican que los aceites sintéticos tienen excelente estabilidad de la viscosidad a temperaturas elevadas como a las que están sometidos los vástagos-sellos de los cilindros compresores recíprocos para este tipo de aplicaciones especiales.

Resultados:

I. El aceite sintético marca Shell Madrela GP-220, a pesar de que tiene una viscosidad cinemática por debajo de la especificada por CB, presenta un adecuado comportamiento de la viscosidad con la temperatura, en comparación con otros lubricantes sintéticos. Esta es una característica de relevada importancia desde el punto de vista de selección y adecuación para el servicio.

II. Las curvas de comportamiento de los aceites sintéticos a diferentes temperaturas presentadas en el gráfico No.8, permiten concluir:

- Los lubricantes sintéticos Shell Madrela GP-220, UCON-R-1 y Royco-880 presentan comportamientos similares en cuanto a viscosidad.
- Para temperaturas superiores de 100 °C, el aceite Shell Madrela GP-220, presenta mayor viscosidad que el Royal Purple CAP-680. Este último tiene una caída abrupta de la viscosidad por encima de esta temperatura.

• Los aceites Mobil Glygoyle HE-460 y Exxon Glycolube tienen mayor viscosidad a 100 °C que Shell Madrela GP-220, a pesar de ser lubricantes con la misma base de formulación.

III. Los aceites sintéticos formulados a base de Polyglycol, no tienen efectos corrosivos sobre los metales.

1. Ensayos no destructivos y destructivos de los vástagos con la finalidad de determinar si el material de los vástagos es inadecuado.

Los análisis se inician con inspección visual, análisis metalográficos y microfractográficos, composición química y ensayos de dureza, entre otros.

**Características de los vástagos:** Los vástagos son fabricados de material acero al carbono, de 3.5 pulgadas de diámetro y 1.38 metros de longitud, revestidos externamente a base de carburo de tungsteno para otorgarles propiedades contra el desgaste y la corrosión.

Especificaciones generales del revestimiento y metal base.

Nombre del Producto Revest:	UCAR® LW-15
Composición nominal:	Carburo de Tungsteno (Constituyente principal)
Espesor:	0,003" min a 0,10" máx.
Densidad nominal:	12.5 g/cm <sup>3</sup>
Porosidad Aparente:	1.5 % máx.
Dureza Vickers:	1000 Kg/mm <sup>2</sup> min. (69 HRC)
Adherencia:	10.000 psi, min
Temperatura máx. Oper.:	425° C
Tipo de Servicio:	Corrosivo.
Material metal base:	AISI / SAE 4140

## ANÁLISIS REALIZADOS

### Inspección visual

I. Se efectuó inspección visual del vástago involucrado en la falla, observándose desgaste por roce y pequeñas secciones con desprendimiento parcial del revestimiento, principalmente en la zona de trabajo. (Ver Figuras. 9 y 10).

II. Se seleccionaron para corte y análisis tres muestras representativas del vástago (Ver Figura. 11), identificándolas de la siguiente manera:

- II.1. Muestra # 1: zona sin defectos (sección no expuesta a contacto con los sellos)
- II.2. Muestra # 2: zona con defectos (sección

en contacto con los sellos): desprendimiento parcial del revestimiento - Figura No. 9.

II.3. Muestra # 3: zona con defectos (sección en contacto con los sellos): desprendimiento múltiple del revestimiento tipo pitting - Figura No. 10.

III. Cada una de las muestras fue cortada en cuatro partes, seleccionándose las más representativas para el análisis.



Figura No. 9



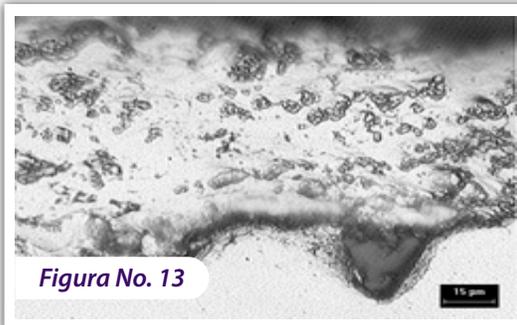
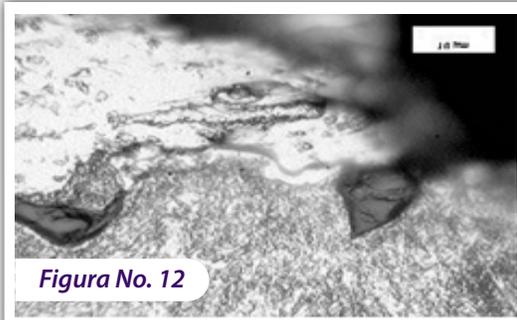
Figura No. 10



Figura No. 11

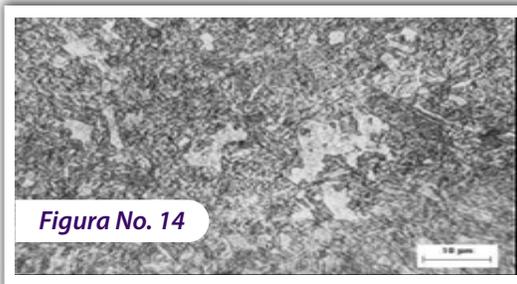
### Evaluación metalográfica por microscopía óptica

Sobre cortes transversales de las muestras se efectuaron estudios por microscopía óptica, detectándose la presencia de productos de naturaleza diferente al revestimiento, a través de la interface sustrato-metal base, lo que disminuye considerablemente la adherencia del sustrato/revestimiento, beneficiando su desprendimiento, cuando la pieza es sometida a condiciones de trabajo (Ver Figuras N° 12 y 13).



### Microestructura metal base del vástago.

La microestructura del metal base reveló que está conformado por una estructura martensítica revenida de transformación incompleta, producto de un inadecuado tratamiento térmico (Ver Figura No. 14)



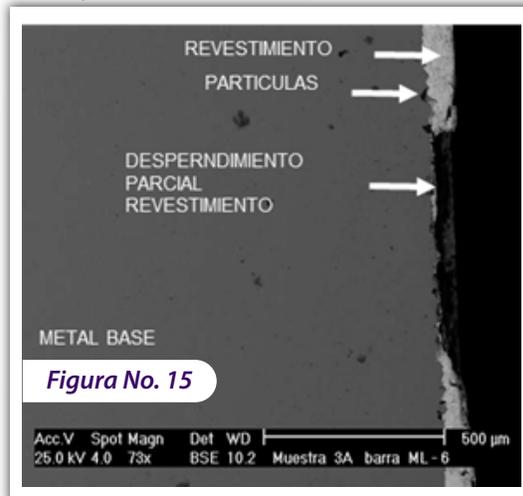
### Análisis metalúrgico por microscopía electrónica de barrido

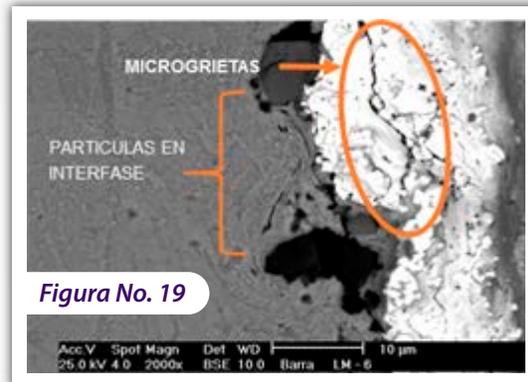
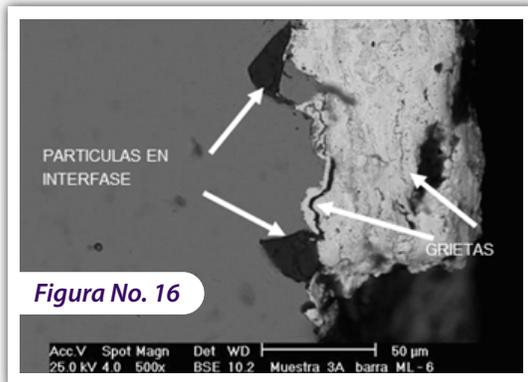
Se efectuaron estudios por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), a fin de evaluar las condiciones microestructurales del revestimiento. El estudio incluyó el análisis en diferentes secciones del Vástago, destacando áreas con y sin presencia de defectos, e inclusive la muestra no expuesta a contacto con los sellos. Los resultados se describen a continuación:

#### I. Muestra # 3: Zona con desgaste y presencia de defectos (sección expuesta a contacto con los sellos). Desprendimiento múltiple del revestimiento.

La evaluación realizada a esta muestra reveló desprendimiento parcial del revestimiento, aunado a la presencia de partículas o productos irregulares a través de la interface sustrato-metal base, con características morfológicas diferentes a la del revestimiento, tal como se observa en la Figura N° 15. Una vista a mayor magnificación, presentada en la Figura N° 16, muestra la morfología de estas partículas.

El detalle más importante, es la presencia de microgrietas múltiples dentro del revestimiento orientado de forma paralela a la interface, donde las más representativas se propagan a través de las partículas presentes, actuando como puntos concentradores de esfuerzos.

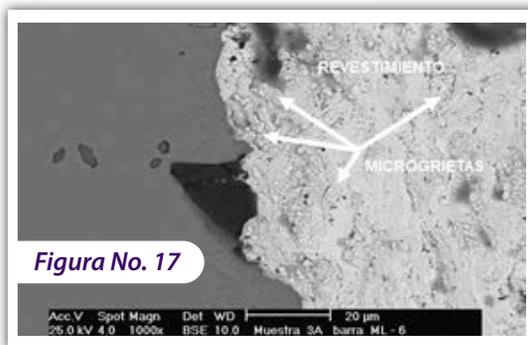




Morfología del revestimiento en una zona sin defectos superficiales de la muestra No. 3. Se observa adecuada adherencia del sustrato, sin embargo, se observan la presencia de partículas irregulares y microgrietas paralelas en la interface. Ver Figura No. 17.

**III. Zona sin defectos. Sección no expuesta a contacto con los sellos. Muestra # 1**

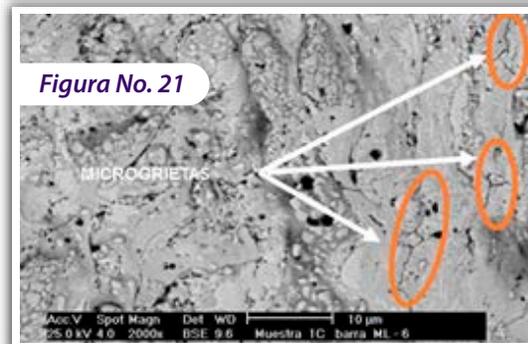
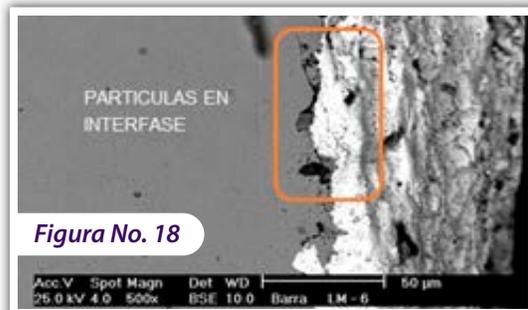
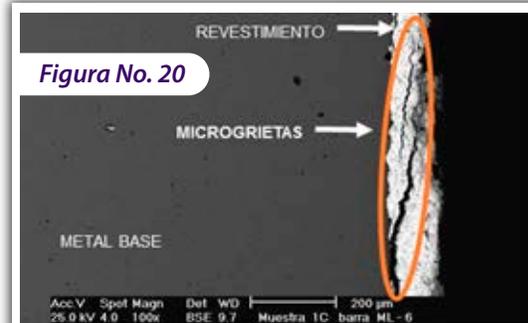
Con la finalidad de obtener patrones de referencia para el análisis, se seleccionó una muestra del vástago no expuesta a contacto con los sellos (Ver Figura No. 11).



La microscopía electrónica revela, adecuada adherencia del revestimiento. Sin embargo, se observa de manera acentuada la presencia de grietas que avanzan desde la interface hacia la superficie y otras con origen en las mismas partículas. Igualmente, una vista ampliada de la sección del revestimiento revela microgrietamiento paralelo a la interface (Figuras Nos. 20 y 21)

**II. Zona con desgaste y presencia de defectos. Sección expuesta al contacto con los sellos. Muestra # 2: Desprendimiento parcial del revestimiento.**

Al igual que en la muestra anterior, esta sección presenta partículas irregulares en la interface y microgrietamiento paralelo dentro del revestimiento, e inclusive parte de las microgrietas se propagan de manera continua entrelazando las partículas (Ver Figuras No. 18 y 19).



### Análisis Químico del revestimiento

Se efectuó microanálisis químico del revestimiento mediante EDS (energy dispersive x-ray spectrometer), revelando que está constituido principalmente por tungsteno y en

menor proporción cobalto y cromo (Ver Figura No. 22). Los resultados indican que la composición del revestimiento cumple con las especificaciones técnicas del producto.

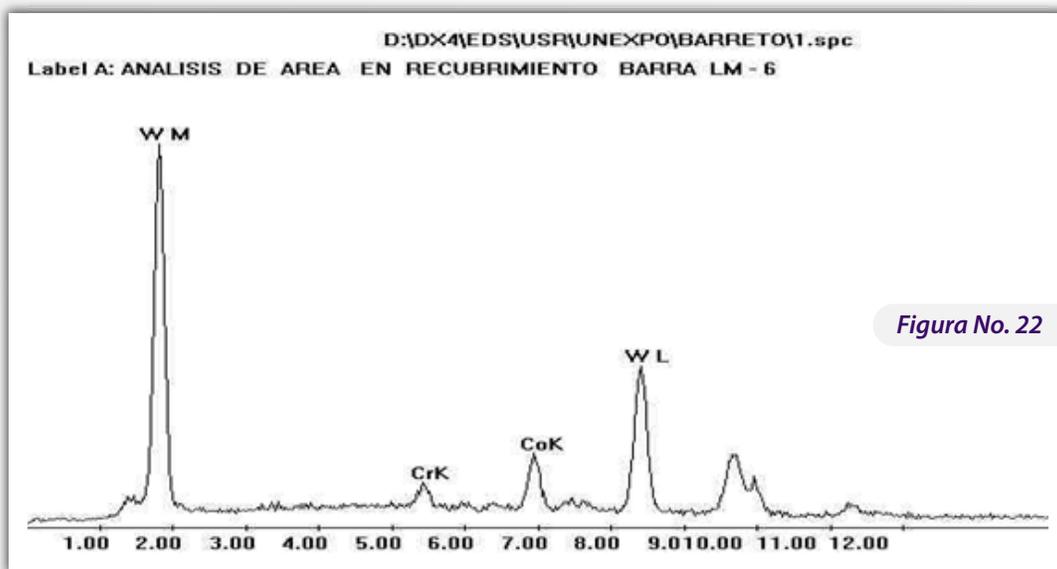


Figura No. 22

### Análisis químico de partículas de la interface

El microanálisis químico puntual de las partículas presentes en la interface, confirman la presencia predominante de Aluminio (Al) y

Titanio (Ti), así como Silicio (Si), Hierro (Fe) y Oxígeno (O2) en menor proporción (Ver Figuras No. 23 y 24).

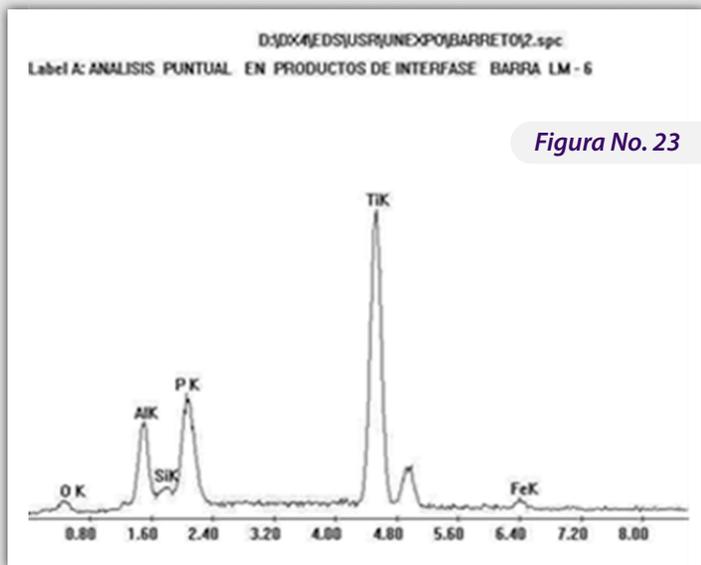


Figura No. 23

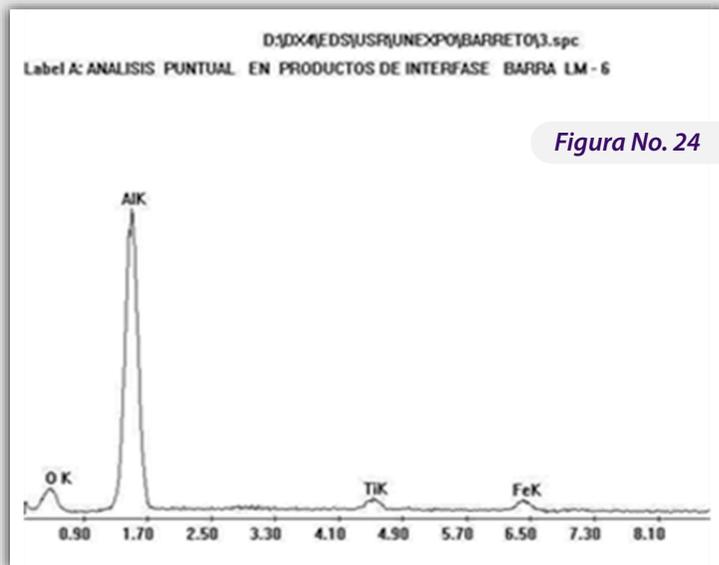


Figura No. 24

## Determinación del espesor del revestimiento

El espesor del revestimiento sobre el vástago se evaluó mediante técnicas de microscopía electrónica, indicando valores promedios de 90  $\mu\text{m}$  (2,3 mils) para las muestras expuestas a contacto con los sellos y 123  $\mu\text{m}$  (3,4 mils) para

la muestra no expuesta a contacto. Estos resultados indican que el espesor del revestimiento (3,4 mils) se ubica cercano al valor inferior del rango indicado por el fabricante en sus especificaciones técnicas.

## Análisis químico del metal base

Con la finalidad de determinar el grado o tipo de material del metal base, se realizaron análisis químicos mediante técnicas de absorción atómica (vía húmeda) a partir de virutas

tomadas de diferentes secciones de las muestras. Carbono y Azufre fueron determinados por combustión. Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Pieza	Elementos (% en peso)							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Mg
<b>Vástago</b>	0.41	0.90	0.23	0.012	0.030	0.96	0.19	0.00
AISI / SAE 4140 Espec. Norma	0.38- 0.43	0.75-1.00	0.15-0.30	0-035 max	0.040 max	0.8-1.1	0.15-0.25	--

## Ensayos de dureza sobre el revestimiento

Los ensayos de microdureza sobre el recubrimiento, siguiendo los requerimientos establecidos en la norma, indican que los valores

obtenidos oscilaron entre 55.2 y 58 HRC, con un valor promedio de 57 HRC. Resultados inferiores a los que especifica el fabricante.

Muestras	Dureza Rockwel	Especificación - Normativas	
		Fabricante	Dureza
Recubrimiento	57 HRC	Fabricante	69 HRC

### CONCLUSIONES

1. La metodología ACR usada para determinar las causas raíces de fallas, lleva a la conclusión que los problemas se derivan de causas humanas y latentes, como consecuencia de que la organización le dio más importancia al aspecto económico sobre el técnico, tratando de reducir costos de mantenimientos y operaciones al sustituir vástagos de un fabricante no original, sin realizar ningún tipo de estudio especial que le garantizara que el componente reemplazado cumpliera con las especificaciones del fabricante original.
2. La alineación del conjunto vástago-cajera de sellos no incidió sobre el desgaste de los vástagos y sellos de los trenes alternativos.
3. Las curvas de comportamiento de los aceites sintéticos a diferentes temperaturas, demuestran que tienen excelente

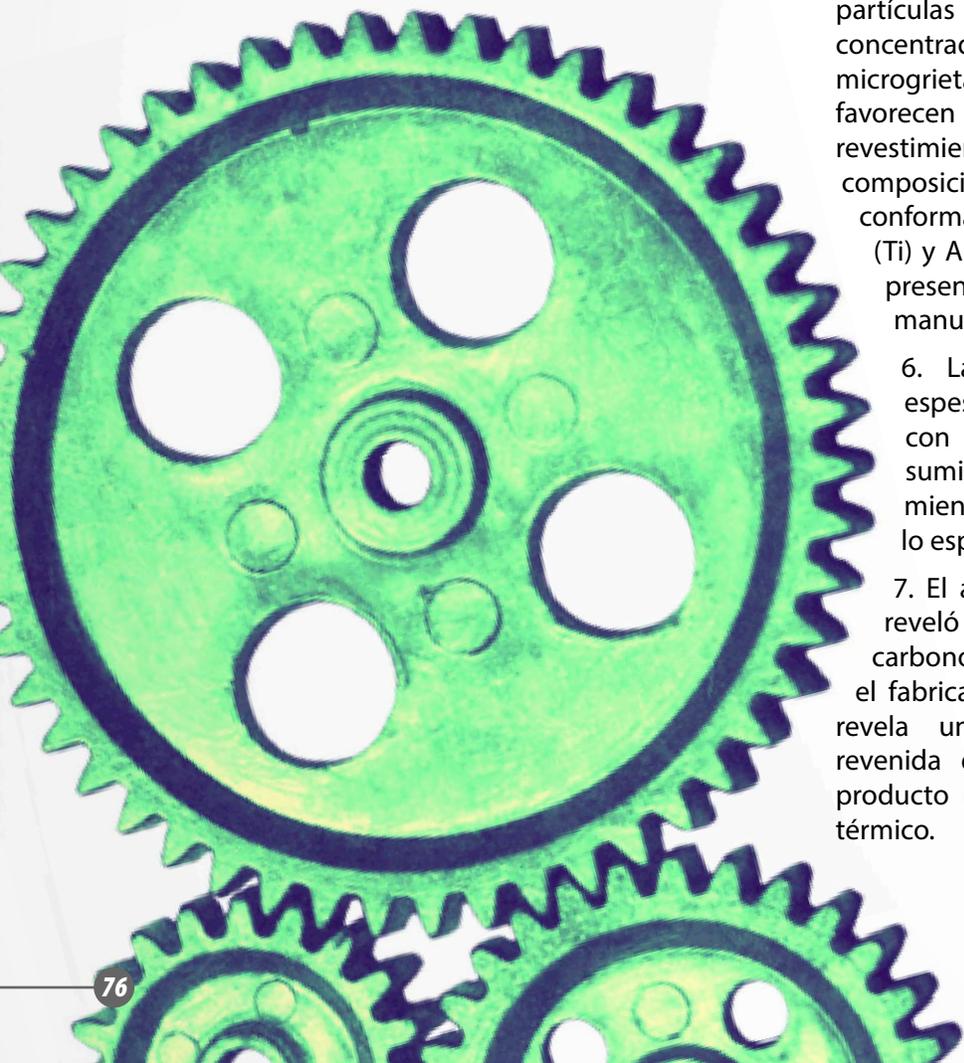
estabilidad de la viscosidad a las temperaturas y presiones a que están sometidos el conjunto vástago-sellos de los compresores en el contexto operacional.

4. El mecanismo de falla de los vástagos de cilindros compresores L-6, ocurre por el desprendimiento tipo laminar del revestimiento, como consecuencia de la presencia de microgrietas paralelas en el sustrato. Estas microgrietas están asociadas al proceso de manufactura del vástago, como consecuencia de cargas externas que superan la resistencia mecánica del recubrimiento y promueven la "fatiga superficial".

5. En todas las muestras evaluadas se evidencia la presencia de partículas en la interfase sustrato-metal base, cuya naturaleza química resulta diferente al revestimiento. Esta condición es un factor contribuyente a la falla, ya que estas partículas al actuar como puntos concentradores de esfuerzos generan microgrietas, que al propagarse entre ellas favorecen el desprendimiento del revestimiento. De acuerdo con la composición química de las mismas, conformadas principalmente por Titanio (Ti) y Aluminio (Al), se concluye que su presencia está asociada al proceso de manufactura del vástago.

6. La composición química y el espesor del revestimiento, cumplen con las especificaciones técnicas suministradas por el fabricante, mientras la dureza está por debajo de lo especificado.

7. El análisis químico del metal base reveló que es similar a un acero al carbono AISI 4140, tal como lo especifica el fabricante. El ensayo microestructural revela una estructura de martensita revenida de transformación incompleta, producto de un inadecuado tratamiento térmico.



## RECOMENDACIONES

1. Aplicar los criterios de planificación estratégica de Gerencia de Activos, tomando como guía la Norma ISO-55000-2014, con el propósito de ejecutar acciones de alto nivel, disponer de recursos técnicos adecuados y realizar los estudios especiales que se desprendan por ejemplo de un ACR, RAM, entre otros, y no tomar decisiones aceleradas de criterios económicos sobre el técnico por reducción de costos.

2. Continuar con la aplicación del aceite sintético a base de polyglycol (Shell Mandrella GP 220), el cual de acuerdo a sus propiedades no tiene efectos secundarios sobre los elementos que conforman los vástagos-sellos del conjunto alternativo de los Compresores CB, L-6. Adicionalmente, el análisis efectuado a los diferentes aceites sintéticos y a la bibliografía de estudios de Tribología, indican que no existen criterios técnicos para reemplazar el lubricante sintético actualmente utilizado en los compresores CB, L-6.

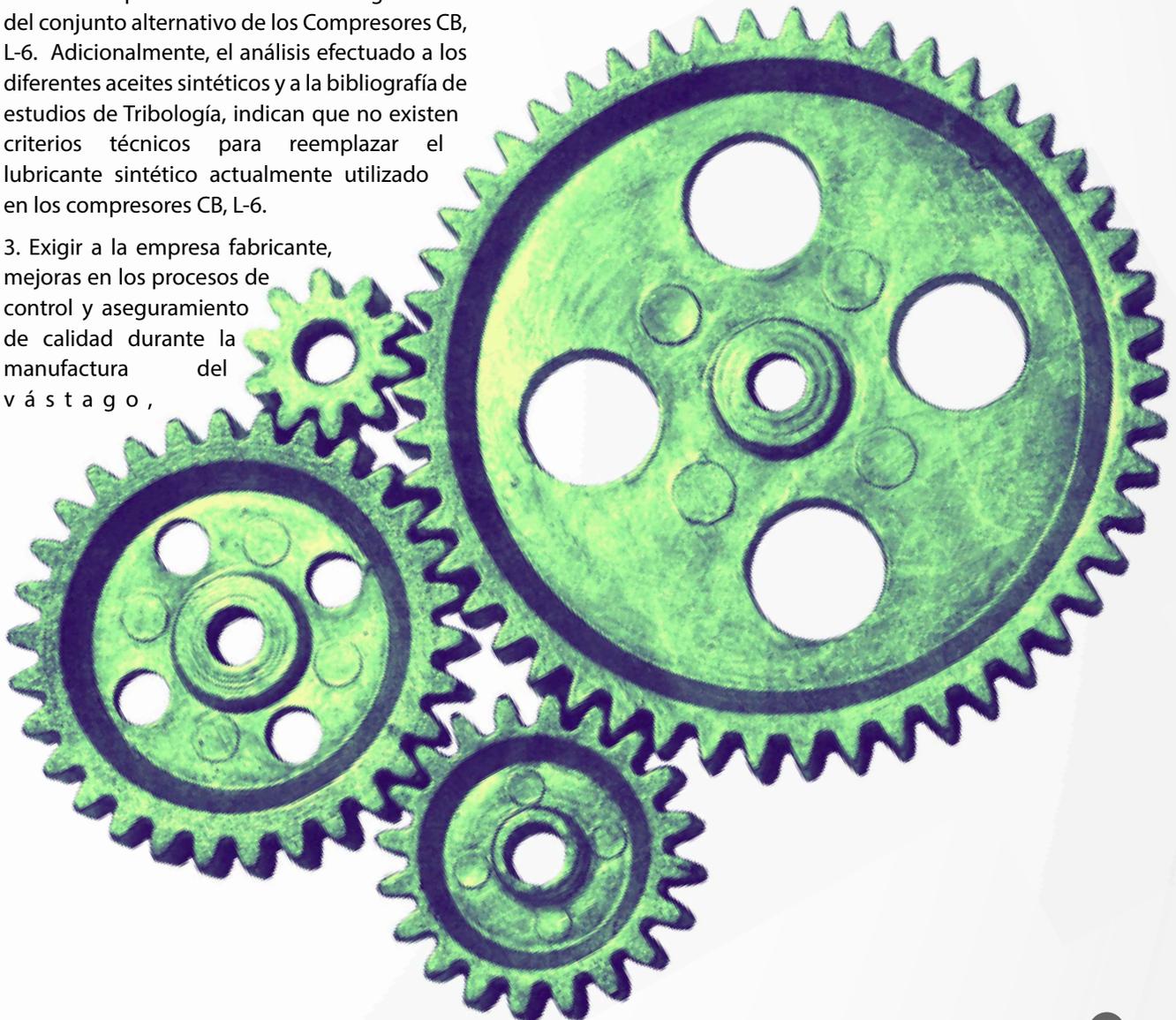
3. Exigir a la empresa fabricante, mejoras en los procesos de control y aseguramiento de calidad durante la manufactura del v á s t a g o ,

incluyendo preparación y preservación de superficie, aplicación y acabado final del revestimiento.

4. Realizar mesa de trabajo con la empresa fabricante a fin de comunicar las desviaciones observadas en los diferentes ensayos realizados y establecer compromisos y planes de acción que conlleven al beneficio de ambas partes.

AUTOR:

Ing. **ALEXIS R. SUÁREZ T.**  
***alexis.suarez@eymsolutions.com***  
*Ingeniero Mecánico*  
*Consultor de Ingeniería de Mantenimiento*  
*Director de Operaciones*  
*de E&M Solutions International, S.A.*



## INDUSTRIA 4.0: ÉTICA Y SOCIEDAD EN LA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

*El internet de las cosas, la ciencia de datos, el diagnóstico inteligente, el E-Logistic, la impresión en 3D y, tal vez el más conocido, el comercio electrónico, son las ramas básicas de esta nueva forma de manejar los bienes, las comunicaciones y los medios de producción, que aún tiene muchas áreas grises respecto a qué pasará con la mano de obra humana, frente a lo que parece ser una verdadera embestida de ciborgs en nuestros puestos de trabajo, a la par de un mundo de maravillosas ventajas que seduce al mundo.*

Las alarmas se han encendido, a la par de millones de tableros, conmutadores, dispositivos y sistemas de monitoreo en el mundo entero. El Foro Mundial, en su 46ª edición en Davos, Suiza, le dedicó muchísimo centimetrage, y con justa razón. Presidentes, Primeros Ministros, respetadas personalidades y representantes de los sindicatos laborales más prominentes se han pronunciado al respecto, mostrando una muy saludable preocupación por el tema. Es la industria 4.0, esa que sonaba completamente maravillosa y futurista en unos lejanos 80's, cuando se filmó *Volver al Futuro*, y que ahora ya está aquí y se ha colado, con bastante naturalidad, en nuestra cotidianidad.

La Industria 4.0 es la consecuencia natural de todo el vertiginoso desarrollo tecnológico y

científico del siglo XX, que ahora cristaliza en el siglo XXI en nuevas formas de hacer las cosas y, cómo no, en una nueva percepción de lo que somos y hacia dónde vamos. Como suele suceder en todos los procesos humanos, la industria 4.0 corre libremente por un campo de bytes infinitos, en tanto otras materias inherentes a la seguridad y el orden social han quedado rezagadas, entre ellas los marcos legales y las fronteras éticas de esta nueva forma de trabajar y comunicarnos.

El internet de las cosas, la ciencia de datos, el diagnóstico inteligente, el E-Logistic, la impresión en 3D y el comercio electrónico, son las ramas más destacadas de esta nueva forma de manejar los bienes, las comunicaciones y los medios de producción. Uno de sus puntos

neurálgicos es la producción completamente automatizada, conectada y coordinada por computadoras, así como los servicios prestados por robots, lo que ha hecho que muchos economistas empiecen a plantearse el futuro de la masa laboral media en el mundo entero. Las cifras son preocupantes. La industria 4.0 podría suplantar hasta 7 millones de plazas de empleo en los próximos cinco años. Incluso áreas más humanas, como los servicios médicos, de atención sanitaria, el transporte o las actividades administrativas podrán ejecutarse a través de programas de computadora o robots, en tanto que miles de profesionales irán a paro, inevitablemente.

La robótica en especial, como ciencia, tiene su razón de ser en el muy humano deseo de crear ayuda extra para los trabajos más tediosos. La palabra robot aparece por primera vez en la obra *Rossum's Universal Robots / R.U.R.*, del autor checo Karel Capek, que utiliza la palabra checa *robota*, la cual significa servidumbre o trabajo forzado. Años después, el célebre escritor Isaac Asimov publica sus famosos relatos sobre ciencia ficción, en donde los robots tienen un rol fundamental.

Asimov acuña el término robótica y crea las Tres Leyes de la Robótica, una de las cuales señala que ningún robot podrá dañar a un ser humano. ¿No sería pues, dolorosamente irónico, que los robots incorporados masivamente al campo laboral dejen sin empleo a millones de personas? A fin de cuentas ¿quién se beneficia realmente de la industria 4.0? Es indudable que la especialización del trabajo, el refinamiento de la tecnología, la concepción de nuevas formas de hacer las cosas son el germen del adelanto, el desarrollo y el progreso.

El problema es que el progreso suele pasar una factura muy cara que a la humanidad le toma años pagar. De cualquier forma, hay un desfase entre lo que se crea, el cómo se aplica y lo que sucede en el ínterin. Algunos prevén un sombrío panorama en el cual enfermeras y taxistas estarían disputándose sus puestos de

trabajos con ciborg, robots o tableros de mando mejores entrenados. Cabría preguntarse ¿por qué no se toman previsiones de este tipo? ¿Por qué no pensar primero, allanar el camino, acomodar los marcos teóricos, las leyes, sobre aquello que esperamos crear y que impactará a nivel masivo? Bueno, muy sencillo: no se puede teorizar sobre lo que aún no se ha creado, o al menos, no se puede teorizar completamente, porque es sólo a partir de lo creado que se ponen de manifiesto las consecuencias de tal creación.

## EL MUNDO 4.0

En la película *Tiempos Modernos*, escrita y dirigida por el preclaro y eternamente genial Charles Chaplin, se plantean los conflictos físicos y psicológicos entre el hombre y el mundo automatizado. Chaplin se daría gusto con la Industria 4.0. El mundo del arte, el cine, la filosofía y las ciencias sociales han tratado el tema a profundidad. Pero ha sido un tratamiento a posteriori, nunca a priori. El hombre está concebido para ir siempre más allá de sus propios límites físicos, psicológicos, conceptuales, sociales, y la industria 4.0 no esperará a que existan leyes previas sobre las cuales desarrollarse, porque esas mismas leyes no pueden prever todas las variables contenidas en tan compleja actividad. No obstante, es obvio que hay que regular la distribución de los beneficios de esta cuarta revolución industrial. Y rápido. Porque ese ha sido justamente el signo de los últimos tiempos: la rapidez con que suceden las cosas. La dinámica del desarrollo científico ha ido a toda pastilla en las últimas décadas, luego de siglos enteros en los que parecía transcurrir una eternidad entre un descubrimiento y otro, entre un invento y otro.

Nuestro entorno actual está marcado por la interconexión que proporciona la tecnología. Las comunicaciones, los datos, los negocios, los productos, lo que consumimos, lo que compramos, lo que queremos comprar, decir, tener o hacer, en todo ello está presente la

interconectividad, una gigantesca red de personas, empresas, productos y servicios, maravillosamente posible gracias a esta cuarta revolución industrial. Y más allá de este intercambio de información comercial, personal, política o científica, nuestros objetos cotidianos también están conectados a internet: teléfonos móviles, computadoras, autos, sistemas de navegación satelital y un largo etcétera.

En el 46° Foro Económico Mundial en Davos, Suiza, las maravillas de la industrial 4.0 no fueron suficientes como para opacar las inquietudes sobre ética y seguridad de todos los presentes. 40 jefes de Estado y cientos de líderes empresariales y sociales tuvieron tiempo de debatir sobre los aspectos éticos que esta entraña. Los avances tecnológicos, basados en sistemas ciberfísicos en la que entran en juego software, sensores, nanotecnología, tecnología digital de comunicaciones, suponen cambios drásticos en el mundo que conocemos. Si bien estas tecnologías lucen prometedoras en el campo de la salud, la producción agrícola o la eficiencia de la seguridad, otros temas como el manejo del clima a través de la geoingeniería o los robots militarizados también estuvieron sobre el tapete.

El Foro Económico Mundial utilizó un término clave: la industria 4.0 es un tema global que necesita un enfoque colectivo, destacando además que algunos de los avances tecnológicos pueden tener riesgos desconocidos. Si bien existen estimaciones de riesgo, no ha de ser la ciencia la encargada de escoger que tipos de riesgo se pueden tolerar, de modo que se hace imperativo un análisis holístico de estos puntos sensibles. Pero, ¿cuál es el fin de crear la tecnología y cómo se debe avanzar? En este sentido, el Foro Económico Mundial dejó sentado el hecho de que es tan importante lo que se investiga, como el cómo se investiga, y el para qué. Si bien la industria 4.0 involucra las cosas que nos gustan y que se relaciona con nuestro trabajo y entorno, como el uso de internet, teléfonos móviles o compras

on line, también abarca aspectos como el uso de genes nanotecnológicos para combatir plagas o la manipulación climática, cuyos efectos y alcances aún no es posible calcular por completo. De modo que los gobiernos actuales tienen un largo camino por recorrer, en el establecimiento de las bases legales, éticas y bioéticas para este nuevo mundo.

## EL TRABAJO Y LA INDUSTRIA 4.0

Es este marco, las perspectivas laborales ya no serán, nunca más, lo que fueron. No hay vuelta atrás. Características como adaptación y Fluidez en Tecnología, que tan pomposamente aparecen en algunos resúmenes, ya no se consideran ventajas o rasgos especiales. A partir de ahora serán el ABC de cualquier empleo. La Interdisciplinariedad será obligatoria, y se prevé una transición inevitable desde la industria intensiva en trabajo y labores hacia la industria intensiva en tecnología y automatización. Y, como colofón: aún no hay marcos legales, regulaciones y obligaciones de ley que tomen en cuenta estas nuevas especificidades y exigencias laborales. Esto es especialmente delicado. Por ejemplo, la Impresión 3D hace posible la materialización de productos partiendo de un diseño específico, usando plásticos y polímeros, vidrio y ciertos metales. Entonces ¿qué es lícito imprimir en 3D? ¿Un arma, un auto de colección que podrá ser copiado, un diseño exclusivo que puede ser reproducido instantáneamente? Puestos a pensar, las posibilidades pueden ser tan infinitas como intimidantes. En Davos, uno de los planteamientos fue tajante: "aún no estamos suficientemente preparados para esta cuarta revolución industrial, que llegará como un tsunami y transformará todos los sistemas y procesos. La falta de preparación golpeará aún más a la clase media e incrementará los problemas de exclusión social que vive el mundo, algo que se debe evitar a toda costa" –señaló el presidente de esta organización.

No obstante, las ventajas también son obvias. Por ejemplo, la Ciencia de Datos o Big Data

analiza patrones en grandes conjuntos de datos que no son visibles a simple vista. El Internet de las Cosas (IoT) establece nuevos modos de conectividad entre dispositivos que pueden interactuar entre ellos y con sus respectivos usuarios. El Diagnóstico Inteligente permite evaluar constantemente el ciclo de vida, la calidad y el desempeño de productos, equipos, con información en tiempo real, lo cual tiene un alto impacto en industrias como la automotriz, o la industria del mantenimiento y la gestión de activos, altamente consustanciadas con la prevención, la predictibilidad y la gerencia de activos. El E-Logistics permite automatizar las operaciones físicas y los flujos de información en los esquemas logísticos de las compañías, lo cual a su vez permite planificar de una forma más efectiva, haciendo un mejor uso de los recursos existentes al obtener información en tiempo real gracias a la automatización de los procesos. A su vez, el Comercio Electrónico ofrece nuevas formas de gestionar estrategias de venta, optimizar estrategias de distribución de productos, segmentación de los mercados, seguimiento del ciclo de vida de los productos y planeación de demanda.

Todo ello brinda un maravilloso mundo de posibilidades, en el cual los sistemas de producción se flexibilizan, la eficiencia y excelencia operacional no son simples utopías, el ambiente se beneficia dada la disminución del impacto de la industria en este, habida cuenta de la exacta planificación, uso de los recursos y disposición de las ventajas que esto supone, entre las que se encuentra la prevención, así como la posibilidad de un mundo sin desperdicios.

A nivel laboral, sin dejar de lado la preocupación de los despidos en masa o el debilitamiento de estructuras tradicionales laborales como los sindicatos, la industria 4.0 también promete mejores ambientes de trabajo gracias al uso de la tecnología, eficiencia y comunicación efectivas en las organizaciones, una mejor calidad de vida y disponibilidad de tiempo gracias al trabajo a control remoto, y en general

la adquisición de nuevos y mejores productos y servicios, mayor eficacia en los procesos y tiempos de respuesta mucho menores.

Es absolutamente imposible ir en contra del desarrollo tecnológico, porque si bien este cobra caro al mundo, el no-desarrollo es más caro todavía. La Historia da cuenta de estos períodos oscuros, en los cuales ahogar la creatividad, el conocimiento y la transferencia de tecnología cobró muchas vidas, a costa del oscurantismo y el fanatismo. Así como la vida y la biología han seguido su curso, abriéndose paso entre las condiciones más adversas imaginables (los primeros organismos unicelulares que poblaron la Tierra no la tuvieron fácil), también lo ha hecho la imaginación, la inteligencia, la tecnología y la capacidad de desarrollar cosas nuevas. El hombre es capaz de crear todo aquello que es capaz de imaginar. Y la capacidad creadora humana parece ser una extensión natural de su capacidad biológica de reproducirse, fortalecerse y sobrevivir. El ingenio es un derecho divino, y todo parte del estado mental desde el cual hacemos nuestras elecciones. Pensemos pues, apropiadamente. Al final, nuestro mundo y nuestra vida se basan en la calidad de aquello que pensamos. Una calidad que pasa por la ética y por la búsqueda del bien común.

#### Bibliografía consultada

<http://ecopolitica.net/industria-4-0-el-fin-del-trabajo/>

<http://eleconomista.com.mx/industrias/2016/10/17/4-preguntas-eticas-sobre-cuarta-revolucion-industrial>

[http://www.swissinfo.ch/spa/punto-de-vista\\_de-cara-a-la-cuarta-revoluci%C3%B3n-industrial/41904190](http://www.swissinfo.ch/spa/punto-de-vista_de-cara-a-la-cuarta-revoluci%C3%B3n-industrial/41904190)

<http://www.securityartwork.es/2016/10/04/industria-4-0-principios-diseno/>

<https://editorial.logistica.la/2015/12/17/la-industria-4punto0/>

Texto:  
Alimey Díaz Martí

# IMPORTANCIA DE MEDIR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS, SEGÚN LA ISO 55001, 2014

En la actualidad las organizaciones se encuentran sometidas a diferentes presiones tanto internas como externas, las cuales deben ser gestionadas de forma óptima, para garantizar la continuidad de sus operaciones. Esta continuidad operacional se encuentra estrechamente ligada a la oportuna toma de decisiones, coherentes y alineadas con los objetivos estratégicos del negocio, por lo que disponer de un sistema balanceado y equilibrado de indicadores de desempeño de sus sistema de gestión de activos es fundamental, para lograr este cometido.

En este orden de idea tal como lo afirmo (Kelvin, 1891, citado en Salgueiro, 2001) “cuando puedes medir aquello de lo que estás hablando y expresarlo en números puedes conocer algo acerca de él; pero que cuando no puedes medirlo, cuando no puedes expresarlo con números, tu conocimiento es precario e insatisfactorio.” Visto desde la perspectiva de la gestión de activos, esta medición debe llevar a todos los niveles de la organización (Estratégico, táctico y operacional) pero por otro lado debe incorporarse en los tres elementos fundamentales dentro de la organización (procesos, sistemas y personas).

Este escrito busca establecer algunas líneas de dirección en ese sentido, para llevar a cabo una medición adecuada a las estrategias del

negocio que permitan la toma de decisiones soportadas en información de calidad, oportuna y confiable. Alguno de los beneficios esperados según (El-Akruti & Dwight, R, 2013) podría ser: Optimización de los costos, potenciar, creatividad e innovación de los productos y servicios, el mejoramiento organizacional, el incremento del desempeño y los ingresos por ventas. Para esto, el Balanced Score Card, es una herramienta que ayuda a integrar la perspectiva del conocimiento, de manera estratégica.

## ALGUNAS PREMISAS Y CONCEPTUALIZACIONES PRELIMINARES

Iniciemos este escrito haciendo referencias a una célebre frase de Peter Druke.

*“Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre.”*

En sentido quiero resaltar las tres acciones a las que nos invita Peter Druck para mejorar el desempeño de los sistemas dentro de la organización:



Por lo que hablar de la medición del desempeño de los activos a estas alturas de la evolución organizacional debe ser un elemento que debe fluir de forma natural. La importancia o el impacto de las mediciones radican en cómo utilizar los resultados para tomar las decisiones adecuadas y lograr implementar las acciones necesarias.

En este punto pasaremos a revisar las definiciones planteadas por algunas normas internacionales referidas a los indicadores y la medición del desempeño de los activos.

Según la norma ISO 55000:2014, en su parágrafo:

**2.5.3.7 Evaluación del desempeño,** la organización debe evaluar el desempeño de sus activos, de la gestión de sus activos y de su sistema de gestión de activos. Las medidas del desempeño pueden ser directas o indirectas, financieras o no financieras.

El seguimiento, el análisis y la evaluación de esta información debería ser un proceso continuo. Las evaluaciones del desempeño de activos deberían llevarse a cabo sobre los activos directamente gestionados por la organización y sobre los activos contratados a terceros.

El desempeño del sistema de gestión de activos debería evaluarse con respecto a los objetivos especialmente fijados para el sistema, (ya sea desde el comienzo o luego de evaluaciones anteriores). El propósito primario de la evaluación del sistema debería ser determinar si es eficaz y eficiente para apoyar la gestión de activos de la organización (Henderson y Kraska, 2014).

Si bien es cierta que la norma ISO 55000 y 55001:2014, establece un marco de referencia, también es cierto que otras normas permiten aterrizar un poco más estas conceptualizaciones, y para ello vamos a referenciar a la UNE-EN-15341:2008, la cual plantea los siguientes conceptos:

**Indicador:** Característica (Conjunto de característica) de un fenómeno medido, de acuerdo a una fórmula dada, que evalúa la evolución.

**Cuadro de Mando:** Conjunto de indicadores asociados consistentes y complementarios, que proporcionan información sintética y global.

Ahora bien, para llevar a cabo una adecuada gestión en la medición del desempeño, es necesario una serie de condiciones, entre las que podemos mencionar: dato coherente, consistente y confiable, análisis de alta calidad, presentación clara y convincente de la información, y un ambiente de trabajo receptivo. Cabe resaltar que los resultados de estas mediciones deben buscar ser un reflejo de los que según (Campbell y Jardine, 2011), se puede expresar en la ecuación básica de negocios, vista desde el punto de vista del mantenimiento:

*“El mantenimiento es un proceso de negocio que convierte insumos en productos utilizables”*

En este sentido la norma UNE-EN 15341:2008 establece 3 niveles de indicadores para medir el desempeño de los activos.

- Indicadores Económicos
- Indicadores Técnicos
- Indicadores Organizacionales

## BARRERAS PARA UNA MEDICIÓN EFICAZ DEL DESEMPEÑO

En la práctica es normal que un gran porcentaje de las organizaciones, actualmente inviertan recursos en medir el resultado de las acciones que se implementan sobre los activos, sin embargo no es menos cierto que muchas de ellas se encuentran atrapadas en un bucle que los lleva solo a medir para presentar un informe a la dirección al finalizar el mes y cumplir con un requisito de su sistema de gestión.

Utilizar medidas de desempeño en cualquier

organización debe propiciar y fomentar la implementación de acciones que apalanche la sostenibilidad de la mejora continua dentro de la organización (Deix, S, Karoline and Weninger-Vycudil, Alfred,2012).

A partir de este punto describen algunos de los elementos que se han podido detectar en nuestros procesos de consultoría en la industria y que se convierte en barreras a la hora de gestionar de forma eficaz los procesos de medición del desempeño de los activos para las organizaciones:

### • **Medir por moda o medir para mejorar**

Muchas organizaciones comenten el error de desarrollar un sistema de indicadores que busca medir los resultados de cada acción o actividad que se lleva a cabo en la organización, perdiendo el norte de los objetivos. Por lo que se llegan a plantear medir hasta 50 kpi, solo porque la norma UNE-EN 15341:2008 hace referencia a más de 70 indicadores.

En este punto la orientación debe ir enfocada a medir los resultados asociada al logro de los objetivos planteados y por otro lado tener claridad en que los indicadores, deben adecuarse al contexto de la organización y ser un elemento facilitador para la toma adecuada de decisiones.

### • **Alineación de los indicadores con los objetivos**

Uno de los errores más frecuentes en este punto es que muchas organizaciones se olvidan que la medición debe estar asociada a los objetivos y no a las acciones para lograr los objetivos, por lo que una adecuada alineación permitirá a los responsables de estos procesos gestionar de forma óptima la información necesaria.

En este sentido uno de las mayores inconveniente para las organizaciones es lograr traducir los objetivos estratégicos del negocio, en estrategias y objetivos para cada

área habilitadora que aporten valor.

Como parte esencial de la organización, el mantenimiento y la confiabilidad de los activos debe cumplir con los objetivos y la dirección general establecida por la empresa. Por lo que la información generada en esta área juega un papel muy importante en la medición del desempeño de los activos y estos no pueden funcionar de forma aislada.

### • **Confiabilidad de la información gestionada**

Este es uno de los elementos que mayor impacto tiene a la hora de llevar a cabo la medición del desempeño de los activos, por un lado la cantidad de información que debe ser seleccionada para su gestión y por otro lado la calidad de la misma, cuando se conjuga este elemento con el primero revisado, entonces suele producirse una mayor incertidumbre en los resultados que se obtienen.

Es aquí donde la organización entonces queda expuesta a obtener resultado que no se corresponde con la realidad (discrecional) dado que necesitan de mucho recursos para poder gestionar la cantidad de información y donde con frecuencia los responsables de manejar esta, acuden a la manipulación de los datos para cumplir con el informe solicitado por la dirección.

### • **Toma de decisiones en base a los números**

Otra importante barrera con la que se encuentra muchas organizaciones es que se encuentran absortas en la dinámica del día a día, por lo que muchas de ellas llegan a manejar un conjunto adecuados de indicadores sin embargo, estos no son utilizados para tomar decisiones que les permita sostener un proceso de mejora continua.

Todos estos elementos se convierten en factores de distorsión para que las organizaciones logren llevar a cabo un

proceso adecuado en la medición del desempeño de los activos.

## HERRAMIENTAS DISPONIBLES PARA LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS ACTIVOS

Actualmente se dispone de una extensa y diversa bibliografía que facilitan poder realizar una integración de los sistema de indicadores para una eficaz implementación, en este sentido para esto vamos a referenciar las Normas ISO 55001-55002:2014, el cuadro de mando integral, BSC, propuesto por (Kaplan y Norton,1992), la norma UNE 15341:2008 y algún otro contenido de interés.

Según la norma ISO 55001:2014, en su requisito

### **9.1 Evaluación del Desempeño / Seguimiento, medición, análisis y evaluación.**

La organización debe determinar:

- a) Lo que se necesita monitorear y medir;
- b) Los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación, según sea aplicable, para asegurar la validez de los resultados;
- c) El momento en el que se debe realizar el seguimiento y la medición;
- d) El momento en el que se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

La organización debe evaluar e informar sobre la eficacia de los procesos para gestionar los riesgos y las oportunidades.

Detallando el requisito observamos que este tiene mucha amplitud en las exigencias sin embargo la ISO 55002:2014, nos permite realizar un aterrizaje al contexto de las operaciones de nuestra organización y para ello les comparto la cláusula 9.1.1.1.

La organización debería desarrollar procesos para posibilitar la medición, seguimiento, análisis y evaluación sistemática de los activos de la organización, del sistema de gestión de activos y de las actividades de gestión de

activos, de modo regular. Para complementar esta información en el requerimiento 9.1.1.3, se plantea:

Que la organización debería desarrollar un conjunto de indicadores de desempeño para evaluar las actividades de gestión de activos y sus resultados. Las mediciones podrán ser tanto cuantitativas como cualitativas, financieras y no financieras. Los indicadores deberían proporcionar información útil para determinar tanto los puntos positivos como la identificación de las áreas que requieran la aplicación de acciones correctivas o mejoras. La organización debería considerar la relación y la alineación entre los indicadores de desempeño.

El planteamiento realizado por estos requerimiento son claro hay una necesidad de medir el desempeño en todos los niveles de la organización, pero también por garantizar que existe una interrelación entre las mediciones que se llevan a cabo.

Para complementar esta información, adicionalmente se plantea en el requerimiento 9.1.2.1 que la organización debería realizar evaluaciones de sus activos y de sus actividades de gestión de activos para asegurar su continua idoneidad, adecuación y eficacia.

Visto algunos de los requisitos de esta importante norma referida a la gestión de activos ISO 55001:2014 y ISO 55002:2014, entonces podría nos podríamos hacer la siguiente pregunta ¿Cómo es posible en la práctica dar respuesta a este conjunto de requerimientos?

Uno de los mayores retos con los que se enfrentan las organizaciones en la actualidad es la comprensión y alineación de las sistemáticas de sus procesos, es decir, como parte esenciales de su organización, cada área habilitadora debe contribuir con el cumplimiento de los objetivos estratégicos del negocio. Dicho de otra forma es entender que ni mantenimiento ni operaciones pueden funcionar como islas dentro de un



**Fig. 1** Bucle de la mejora del desempeño (Campbell, Jardine y McGlynn, 2011) (adaptada y traducción propia)

continente que se llama empresa u organización. Una herramienta interesante de aplicación práctica para mejorar la forma de medir el desempeño dentro de cada área de la organización lo plantea (Campbell, Jardine y McGlynn, 2011).

Desde este punto de vista es necesario que en las organizaciones exista por un lado coherencia y por otro lado alineación (Fundamento de la gestión de activos, ISO 55001:2014) en las 3 líneas del negocio, es decir estratégico, táctica y operacional.

Esto tiene sentido dado que las prioridades u objetivos organizacionales dentro de la organización son fijados en la línea estratégica. Estas prioridades tienen que ser traducidas y desembocar después a todas las áreas habilitadoras de la organización. Para entender de mejor manera la forma de aterrizar las directrices estratégicas aguas debajo de la organización se plantea un ejemplo, para efecto del mantenimiento, figura.2

Por lo tanto cada nivel de la organización debe



**Figura 2.** Interrelación de prioridades estratégica y su traducción operacional

manejar un conjunto de indicadores que les permita monitorear el resultado de las acciones que se llevan a cabo. De allí la necesidad de implementar un sistema balanceado de indicadores financieros, técnicos y organizacionales (UNE-EN 15341:2008), que permitan identificar cuáles serían las estrategias y planes que deben ser ejecutados por la organización, para lograr por un lado cumplir con la visión del negocio, y por el otro lado, la medición, control y alineación de los objetivos con las estrategias que garantice realizar los ajustes necesarios para adaptarse a los cambios y desafíos de los nuevos escenarios organizacionales al mediano y largo plazo.

### CUADRO DE MANDO INTEGRAL DE INDICADORES DE DESEMPEÑO (BSC)

Lograr que las organizaciones adopten un sistema balanceado de indicadores de desempeño para sus sistemas de activos y portafolio de activos es una tarea necesaria y cuyos resultados podrán obtenerse al mediano y largo plazo.

Para ello (Norton y Kaplan, 1992) propusieron un modelo que le permite a las organizaciones traducir la misión y la estrategia en un conjunto de objetivos y medidas cuantificables manteniendo el enfoque del negocio desglosado en cuatro pilares:

1. Financiero
2. Cliente
3. Procesos internos
4. Potencial (Capacidad para aportar valor y mejorar)

El enfoque del cuadro de mando integral de indicadores proporciona un marco de referencia para establecer un sistema de gestión del desempeño a nivel de la organización. Con el cuadro de mando integral la dirección puede medir diferentes resultados, conocer cómo modificar los mismos e integrar los indicadores en el proceso de gestión estratégica. Además de indicadores financieros y de calidad, se pone énfasis en los clientes como forma de orientar la organización hacia el mercado, enfatizando también en las competencias clave de los procesos internos esenciales y en los recursos humanos. Cada una de las perspectivas representa un elemento en la red de actividades y procesos de la empresa, dando lugar a una visión global en la que la estrategia es el centro de los sistemas de gestión. La figura 3 se muestran las diferentes perspectivas del cuadro de mando.

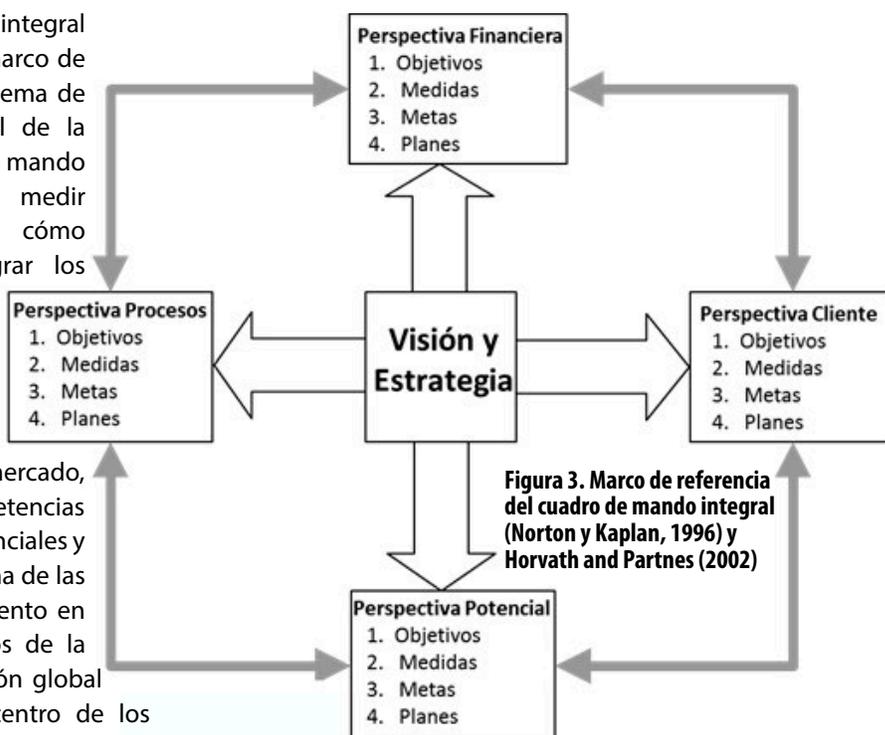


Figura 3. Marco de referencia del cuadro de mando integral (Norton y Kaplan, 1996) y Horvath and Partnes (2002)

Este enfoque BSC propuesto, permite aterrizar una forma alineada y coherente la visión y la estrategia de la organización a todas las áreas del negocio. Por lo que para visualizar un

ejemplo práctico para la gestión del mantenimiento, se comparte la tabla. 1.

Con este planteamiento obtenemos una forma integrar de gestionar los indicadores de desempeño de la organización.

Perspectiva	Objetivos Estratégicos	Medidas	Metas	Planes o Iniciativas
Financiera	Optimizar los costos de mantenimiento	{%} Costos de mantto / unidad de producción	Actual: {X}% Esperado: {X-1}%	*Revisión de la criticidad de activos. *Optimizar planes de mantenimiento
Cliente	Disminuir los tiempos para reparar y la calidad de las reparaciones	MTTR Cant. Re trabajo	Fallas repetidas <X Reducir MTTR en x %	*Implementación de ACR. *Evaluar competencias del personal
Procesos	Mejorar calidad de la información de la orden de trabajo en el sistema de información.	Cumplir requisitos	OT todos los campos cumplimentados. Retroalimentación al sistema (ERP, EAM, CMMS) < 24 hrs	*Formación al personal de ejecución en la documentación de las OT y cierre de las mismas.
Potencial	Asegurar niveles adecuados de competencias para cumplir los objetivos	Competencias por cada area de mantenimiento	Cierre de brecha de conocimiento	*Definir competencias necesarias por cargo. *Evaluar las competencia para determinar la brecha. *Plan de formación

Tabla 1. Ejemplo aplicado al mantenimiento (adaptada Parra y Crespo, 2012)

## OTRO ENFOQUE EN LA GESTIÓN DE INDICADORES

Otro planteamiento que facilita comprensión de la jerárquica del sistema de indicadores del desempeño de los activos, es la planteada por (Wireman,2005) quien adopta un enfoque jerárquico en su libro Desarrollo de indicadores de rendimiento para la gestión del mantenimiento. Este plantea una jerarquía de cinco niveles tal como se describe a continuación en la figura 4:

- 1) Corporativo;
- 2) Financiera;
- 3) Eficiencia y Efectividad;
- 4) Eficacia táctica
- 5) Eficacia funcional.

**Figura 4. Jerarquía de Indicadores de Desempeño (adaptada Wireman,2005)**



De una u otra manera esta jerarquía de indicadores se alinean con lo descrito por la UNE-EN 15341:2008, por lo que a continuación describiremos algunos de estos indicadores según la jerarquía mostrada en la pirámide anterior.

La siguiente lista de indicadores puede ser utilizado por diferentes organizaciones. Ninguna organización utilizará todos estos indicadores, sino que debe elegir cuál de ellos apoya la consecución de los objetivos estratégicos de la organización.

<b>Indicadores Corporativos</b>
Costo Total de Producción
Beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA)
Retorno Neto sobre el Activo (RONA)

### **Indicadores Corporativos**

Estos indicadores se enmarcan dentro del BSC dentro de la Perspectiva Financiera. Estos también se les llama indicadores estratégicos a largo plazo que la alta dirección utiliza para la planificación de negocios. La ventana de la planificación que típicamente se utiliza para el plan estratégico es de tres a cinco años.

### Indicadores Financieros

Costo total del mantenimiento como % del valor de reemplazo de los activos

Inventario de repuestos como % del valor estimado de reemplazo

Valor de activos mantenido por empleados

Costos del mantenimiento por unidades de producción

### Indicadores Financieros

Estos indicadores se utilizan para asegurar que las áreas de una organización están cumpliendo con las metas financieras establecidas en el plan estratégico. Estos indicadores son monitoreados anualmente.

### Indicadores de Eficiencia y efectividad

Efectividad hace hincapié en lo bien que un área de una organización cumple sus objetivos o requerimiento. A menudo se discute en términos de la calidad del servicio prestado, visto desde la perspectiva del cliente. Por otro lado la eficiencia hace referencia a un mínimo de desperdicio, gastos o esfuerzos innecesarios. La eficiencia compara la cantidad de servicio prestado a los recursos invertidos:

### Indicadores de Eficiencia y Eficacia

Sistemas de Orden de Trabajo

Entrenamiento del personal

Participación Operativa

### Indicadores de Desempeño Táctico

Los indicadores de rendimiento táctico monitorean la función en un plazo de un plazo de hasta 90 días. Esta ventana permite tiempo para que las tendencias se desarrollen. Los indicadores tácticos se centran en los procesos

individuales. Sin embargo, la optimización de un proceso puede tener un impacto negativo en otros procesos. Por lo tanto, los indicadores de eficiencia y eficacia deben evaluar a la organización en general, mientras que los indicadores tácticos evalúan sólo los procesos

### Indicadores de Desempeño Táctico

Tareas de mantto preventivo completadas/Tareas total de mantto preventivo programada

Número total de OT no llenas / Total de OT solicitadas

Horas de act de mantto realizadas por los operadores / horas totales en el periodo de tiempo

### Indicadores de Desempeño Funcional

Los indicadores funcionales derivan su nombre de acuerdo con la función. En pocas palabras, a continuación se lista algunas funciones específicas que dentro de una organización son necesarias medir.

- Mantenimiento preventivo.
- Compras y Almacenes

- Sistemas de Gestión de Activos (EAM o ERP).
- Sistemas de Flujo de trabajo.
- Participación operativa.
- Confiabilidad
- Mantenimiento Predictivo.
- Formación Técnico del personal.
- Mejora Continua.
- Optimización financiera

### CONCLUSIÓN

A pesar de la diversa información existente en cuanto al uso de un adecuado marco de medición del desempeño del sistema de gestión de activos, hasta ahora en la práctica muchas organizaciones le cuesta llevar una medición eficaz del desempeño de sus activos, por tal razón algunos de los elementos que son necesario considerar para lograr este cometido son los siguientes:

- Establecer indicadores que faciliten la toma de decisiones.
- Garantizar la alineación de los indicadores con los objetivos de la organización
- Confiabilidad y calidad de la información que alimentan al cuadro de mando integral.
- Monitorear con una frecuencia necesaria para contrarlar la evolución de los objetivos y poder tomar los correctivos necesarios.

Por lo que un cuadro de mando integral equilibrado permite medir, monitorear, controlar y llevar a cabo acciones para garantizar la eficacia y eficiencia de las acciones que se implementan para generar valor dentro del sistema de gestión de activos de la organización.

#### Bibliografía

- Campbell, J. J., Jardine, A. McGlynn, J. Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions, Second Edition: CRC Press.USA (2011).
- Deix, S. A., Karoline and Weninger-Vycudil, Alfred. (2012). Procedures for Cross Asset Management Optimisation. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 48, 2022-2028.
- El-Akruti, K., & Dwight, R. (2013). A framework for the engineering asset management system. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 19(4), 398-412.
- Henderson, K. P., Georg; Kraska, Olaf. (2014). Integrated Asset Management – An Investment in Sustainability. Procedia Engineering, 83, 448-454.
- ISO 55000:2014 Asset Management. Overview, principles and terminology. The British Standards Institution. 2014
- ISO 55001:2014 Asset Management. Management systems - Requirements. The British Standards Institution. 2014
- ISO 55002:2014 Asset Management. Management systems – Guidelines for the application of ISO 55001. The British Standards Institution. 2014
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). In Search of Excellence—der Maßstab muß neu definiert werden. Harvard manager, 14(4), 37-46.
- Parra, C., & Crespo, A. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos. INGECON. (2012). ISBN:978-84-95499-67-7
- Salgueiro, A. Indicadores de Gestión y Cuadro de Mando. Ediciones Díaz de Santo, Madrid, España. 2001. ISBN: 84-7978-492-X.
- UNE EN 15341:2008, Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento. AENOR, España.

#### AUTOR:

**ALEXIS LÁREZ ALCÁZAREZ;** CMRP  
**alarez@a3consulting.com**

Ingeniero Mecánico.

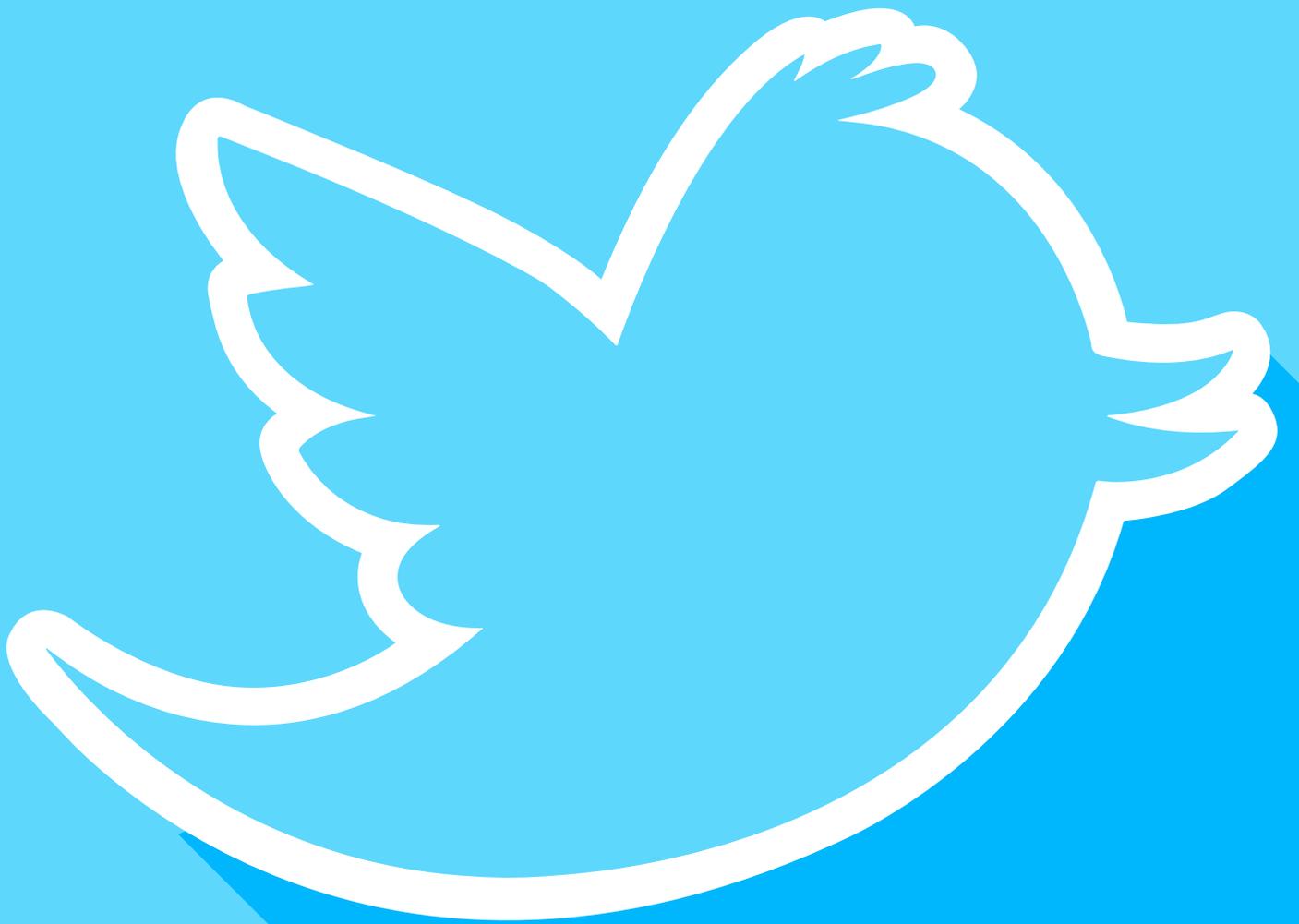
MSc. Dirección y Gestión de Proyectos

MSc. Habilidades Directivas.

Auditor líder de sistemas  
de gestión (ISO 55001 / ISO 9001)

Docente Universitario

**PREDICTIVA21**  
BUSCANOS EN TWITTER



@Predictiva21

*Síguenos!*

# INNOVATION & CREATIVITY IN ASSET MANAGEMENT

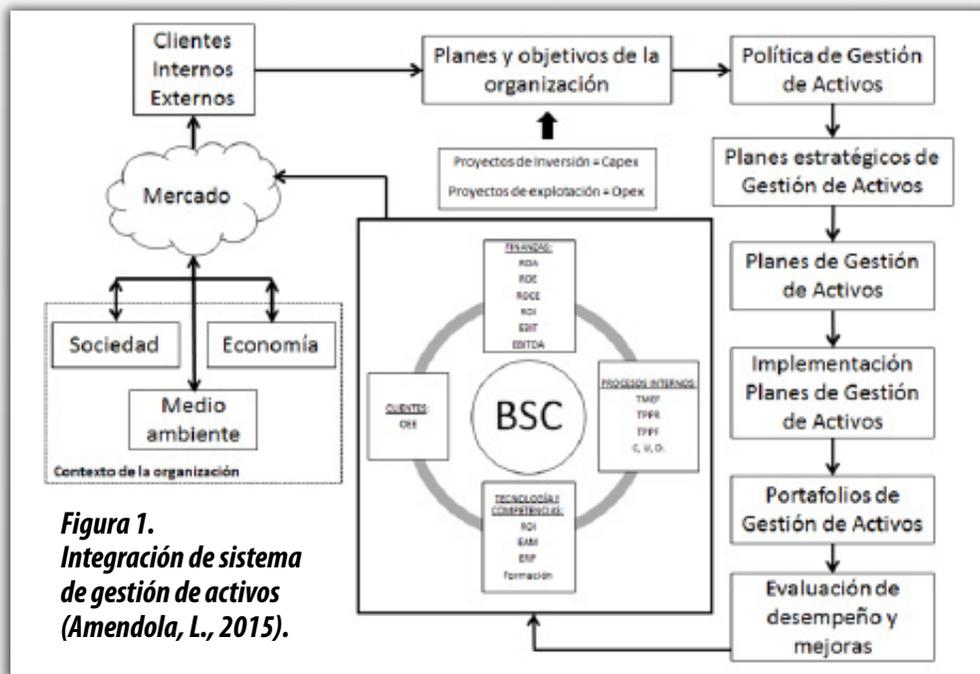
## Pasos para diseñar un plan estratégico de gestión de activos

*“Strategic Asset Management Plan”*  
*ISO 55001*

### INTRODUCCIÓN AL PLAN DE NEGOCIOS

La elaboración de una estrategia de negocio supone la formulación estratégica de diferentes planes de la empresa para alcanzar los objetivos organizacionales. Se realiza a partir del análisis del entorno, sus recursos, y la competencia para definir un objetivo. Por ello resulta idóneo promover un modelo de pensamiento abierto para diseñar el futuro de la empresa. Esto significa, centrarse en el modelo de negocio y en el modo en que la empresa crea y aporta

valor a sus clientes. Desde el punto de vista de Design Thinking, el diseño estratégico tiene la finalidad de presentar la cadena de valor de un modelo de negocio, sus elementos y relaciones. Esto facilita la comprensión por parte de los directivos del flujo de valor y el modo en que gana dinero la empresa. Por tanto, el diseño estratégico viene a incidir en factores como la propuesta de valor, la cultura organizacional, los valores y las competencias esenciales para imaginar y construir el futuro, lo que viene acompañado de la innovación & creatividad en la gestión de activos.



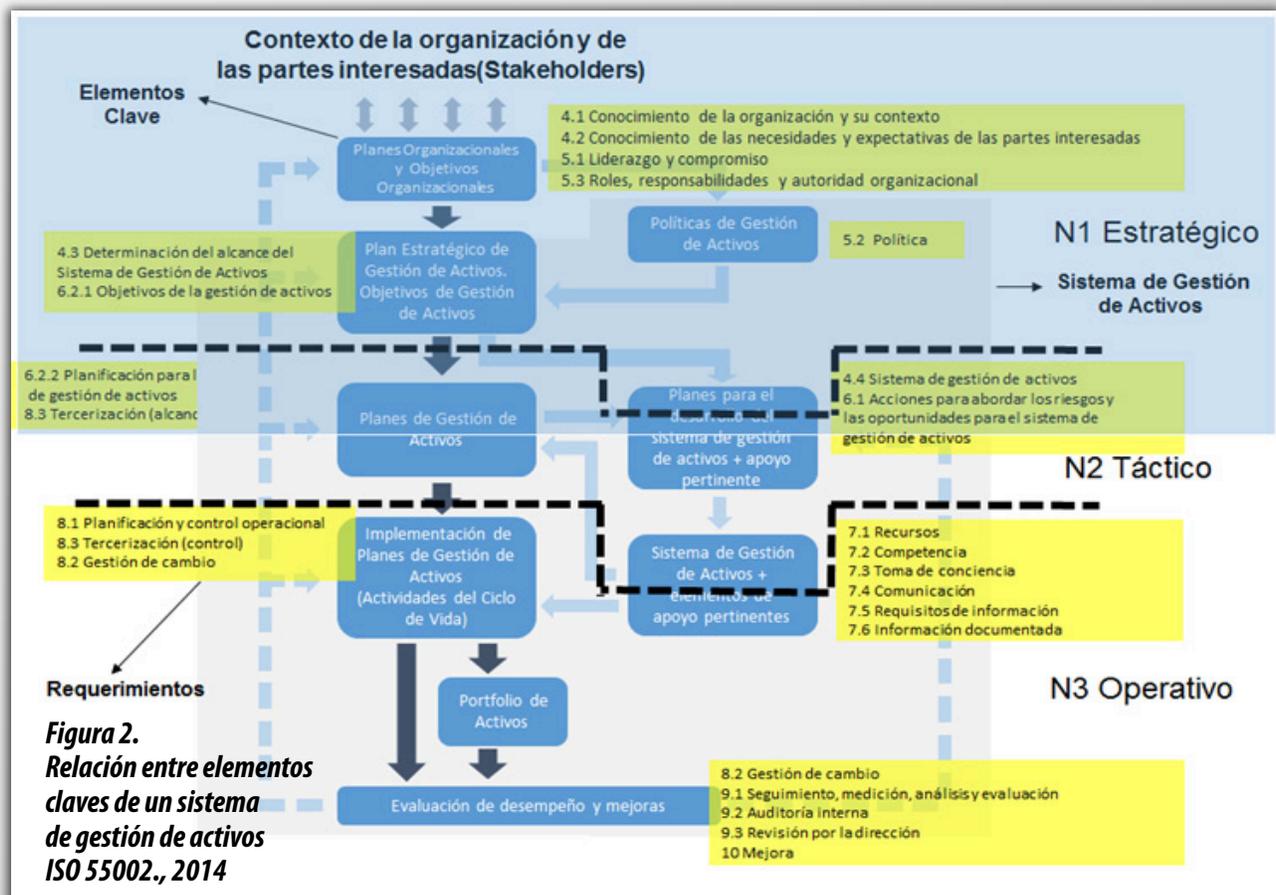
**Figura 1.**  
**Integración de sistema de gestión de activos**  
 (Amendola, L., 2015).

## IMPORTANCIA DEL PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA LAS ORGANIZACIONES

La perspectiva a largo plazo u horizonte, es la respuesta a la pregunta que me formulan los directivos de las empresas cuando realizo asesoría y mis alumnos de postgrado en las universidades & escuelas de negocios ¿Dónde necesita estar la empresa en un momento específico del futuro para desempeñar su visión, misión y estrategia en la gestión de activos? Mi respuesta es que la planificación estratégica “Planes Organizacionales y Objetivos Organizacionales” es un proceso dinámico lo suficientemente flexible para permitir y hasta forzar modificaciones en los planes, a fin de responder a las cambiantes circunstancias de la demanda y mercado, (requerimientos 4.1 Conocimiento de la organización y su contexto 4.2 Conocimiento de las necesidades y expectativas de las partes interesadas (ISO 551001)). Desde el punto de vista operativo la

planificación estratégica es importante porque ofrece a las organizaciones las siguientes ventajas:

- Obliga a los Asset Managers a ver el planeamiento desde la macro perspectiva, señalando los objetivos centrales, de manera que nuestras acciones diarias nos acerquen cada vez más a las metas.
- Mantiene a la vez el enfoque en el futuro y el presente.
- Refuerza los principios adquiridos en la visión, misión y estrategias.
- Fomenta el planeamiento y la comunicación interdisciplinarias (habilitadores).
- Asigna prioridades en el destino de los recursos.
- Mejora el desempeño de la organización: Orienta de manera efectiva el rumbo de la organización facilitando la acción innovadora de dirección y liderazgo.
- Permite enfrentar los principales problemas de la organización: Enfrentar el cambio en el entorno y desvelar las oportunidades y las amenazas.



El desarrollo de una planificación estratégica produce beneficios relacionados con la capacidad de realizar una gestión más eficiente, liberando recursos humanos (4.2) Competencias y materiales (8.3) Tercerización, lo que redundará en la eficiencia productiva y en una mejor calidad de vida y de trabajo para todos los miembros. Ayuda a mejorar los niveles de productividad, conducentes al logro de la rentabilidad.

Contribuye a la creación y redefinición de valores corporativos, que se traducen en:

- Trabajo en Equipo.
- Compromiso con la organización.
- Calidad en el servicio.
- Desarrollo humano (personal y profesional).
- Innovación y creatividad.
- Comunicación.
- Liderazgo, etc.

### INNOVACIÓN EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS

El término innovación es un término con muchos significados utilizado por diferentes personas por diferentes razones. Por lo general, se refiere a una serie de mejoras significativas tales como una idea de Dios o una invención. Una compañía de innovación impulsada trabaja con técnicos de I + D, su principal fuente de crecimiento de primera línea y ventaja competitiva. En los negocios y la economía el término se refiere a una serie de áreas tales como productos, procesos, marketing, organización y modelo de negocio.

Independientemente del uso del término, hay por lo menos dos diferentes maneras de acercarse a la innovación: de manera incremental o radical.

Las innovaciones incrementales consisten en pequeñas modificaciones y mejoras que contribuyen, en un marco de continuidad, al aumento de la eficiencia o de la satisfacción del usuario o cliente de los productos y procesos. Por ejemplo, los cambios de productos o

procesos "insignificantes", menores o que no involucran un suficiente grado de novedad, refiriéndose esta novedad a la estética u otras cualidades subjetivas del producto o servicio.

Las innovaciones radicales se producen con productos y procesos nuevos, completamente diferentes a los que ya existen; son cambios revolucionarios en la tecnología y representan puntos de inflexión para las prácticas existentes. La innovación radical es un cambio mayor "Aquí está la Gestión de Activos", que representa un nuevo paradigma de procesos de trabajo, capital humano & tecnología.

### CREATIVIDAD EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS

Para llegar a ser innovadora una organización debe gestionar la creatividad. La creatividad se puede utilizar para ciertas actividades de la organización, habituales en las industrias creativas como las propias de diseño y otras disciplinas.

Estas actividades pueden incluir:

- **Expresar ideas:** La capacidad para desarrollar y gestionar fácilmente una abundancia de asociaciones y frases, cuando se presenta, con una sola palabra o imagen.
- **Combinar las ideas de una nueva manera:** El desarrollo de una amplia gama de soluciones innovadoras explorando nuevas posibilidades de un elemento cotidiano.
- **Encontrar nuevos usos para las ideas existentes:** Generación de una idea original o solución basada en una idea ya existente.
- **Expansión:** La capacidad de trabajar y convertir una idea tentativa en una solución práctica.
- **El enfoque y la discriminación:** Reconociendo el desafío central dentro de un enfoque a una solución, mientras se eliminan distracciones de elementos menores, y luego se evalúan las dificultades.
- **Perspectiva de intercambio:** La capacidad de sugerir formas de ver un problema conocido

desde una perspectiva completamente diferente.

La mayoría de estas actividades dependen de la capacidad de asociarse y crear conexiones significativas entre fenómenos aparentemente disociados; la capacidad o tendencia a asociar de una manera no lineal, de manera divergente. Dado que los métodos de gestión de los activos y de negocios tradicionales están mal enfocados para hacerles frente de manera no lineal e intuitiva, los flujos de trabajo son aparentemente caóticos, se lucha para poner en práctica estas actividades en las organizaciones. La cuestión de cómo esto puede lograrse sigue siendo un tema actual entre gestores, investigadores, operarios y otros.

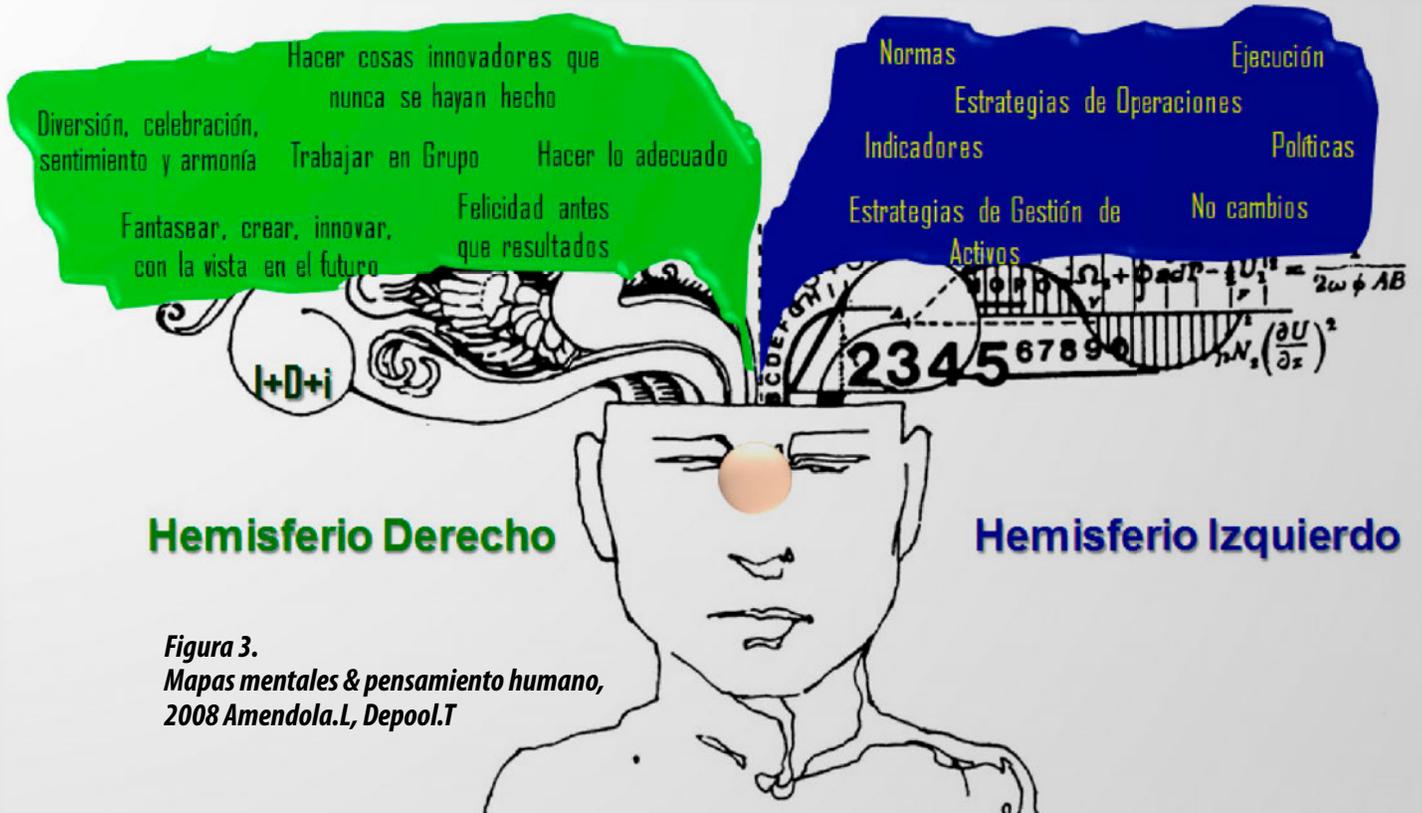
Pensar como diseñadores, es usar la forma en que los diseñadores abordan la solución de problemas. Es una manera de pensar integradamente qué puede ser aplicado a todos los componentes del negocio.

“En vez de pedirle a los diseñadores que hagan

que una idea ya desarrollada sea atractiva para los consumidores, las empresas están pidiendo a los diseñadores que creen ideas que conecten de mejor forma con las necesidades y deseos de los consumidores. El rol descrito inicialmente es “táctico”, y el resultado es una limitada creación de valor, el segundo es “estratégico”, y conduce a nuevas formas de crear valor”.

El Design Thinking es un facilitador de la Innovación. Permite generar innovación y su transformación de manera más rápida y más efectiva. Pero además es el proceso metodológico del Design Thinking el que nos permitirá definir en qué debemos innovar.

¿Cómo se diferencia de otras técnicas de solución de problemas y creación de estrategias? Se diferencia al vincular el pensamiento creativo (lado derecho del cerebro) con el pensamiento analítico (lado izquierdo del cerebro), no priorizando un método de pensamiento sobre el otro, sino que mezcla los aspectos positivos de ambos.



**Figura 3.**  
Mapas mentales & pensamiento humano,  
2008 Amendola.L, Depool.T

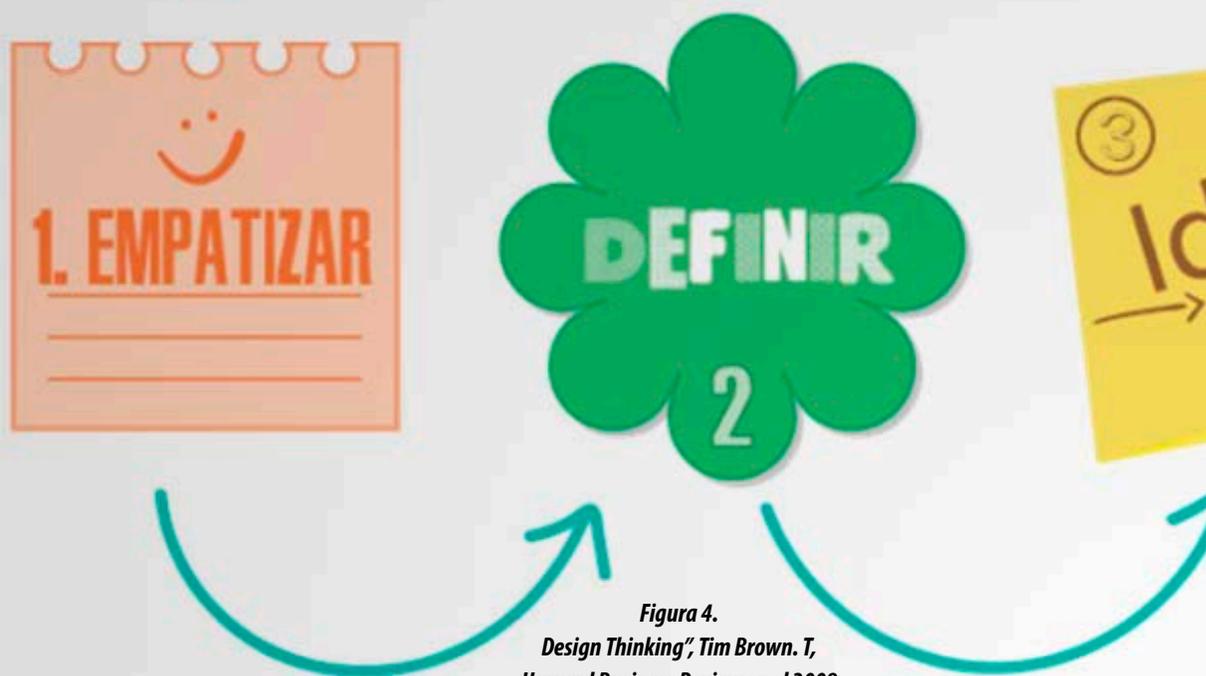


Figura 4.  
*Design Thinking*, Tim Brown. T,  
*Harvard Business Review* en el 2008  
 Adaptado Asset Management, Amendola.L, 2014.

## CINCO PASOS DEL DESIGN THINKING PARA DISEÑAR UN PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN DE ACTIVOS

### ¿Cuáles son los componentes del proceso de "Design Thinking"?

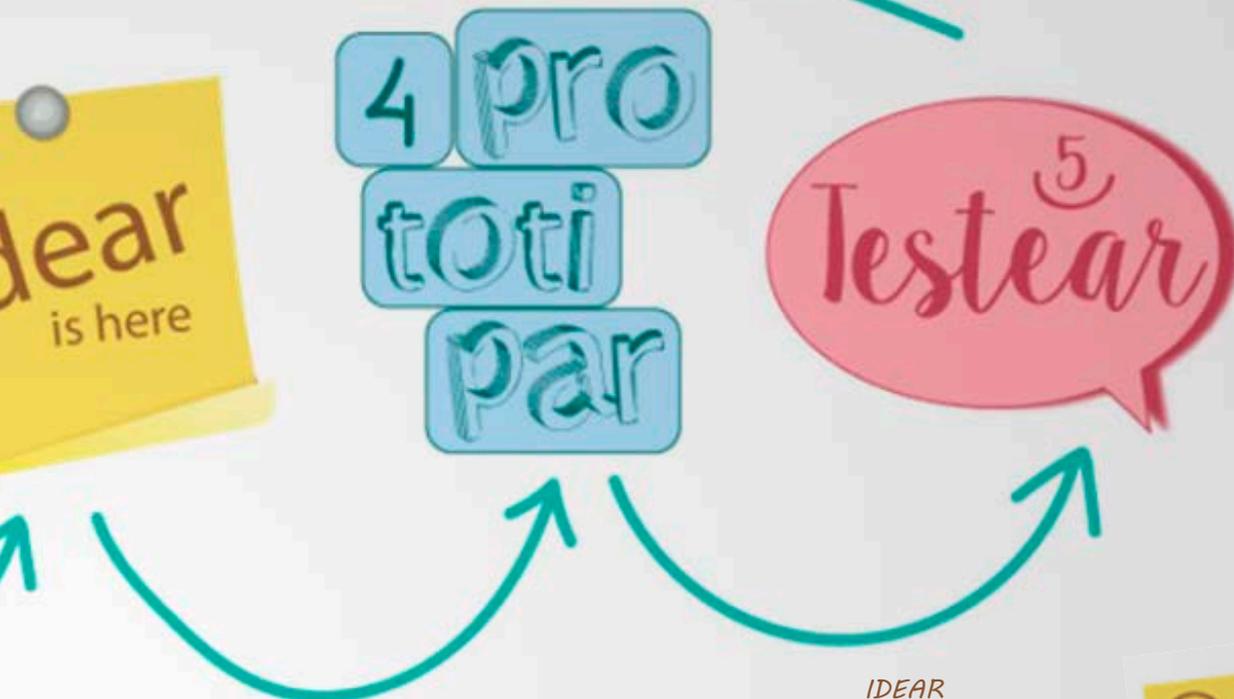
El proceso de "Design Thinking" posee cinco etapas: empatizar, definir, idear, prototipar y testear. En el marco de estos cinco pasos, se pueden definir problemas, realizar las preguntas más adecuadas, se pueden crear más ideas, y se pueden seleccionar las mejores respuestas. Estos pasos no son lineales, pudiendo ocurrir simultáneamente pudiendo ser repetitivos en, lo que los diseñadores llaman, un "proceso iterativo".

#### REQUERIMIENTOS FACILITADOR

Alguien que tenga visión de negocio, conocimiento de lo que requiere un sistema de gestión de activos para que sea sostenible, diseño de SAMP "Plan Estratégico de Gestión de Activos" y Plan de Gestión de Activos y Auditorías. Aséptico a los procesos y departamentos.

#### EMPATIZAR

Hay que conocer las partes interesadas internas y externas de la organización. Ponerse en los zapatos de los usuarios finales es observar de modo empático. Entender a los clientes internos y externos no como cliente, sino como ser humano, como persona que se mueve y vive en un contexto y tiene una serie de necesidades que se pueden satisfacer través de un plan estratégico de gestión de activos.



### DEFINIR



Hay que definir de forma clara el problema para satisfacer una necesidad por medio de la creatividad. Definir la solución para poder llegar a la organización y alcanzar los planes y objetivos organizacionales.

### IDEAR

Todas las ideas son válidas. La base de la creatividad es la imaginación y el aporte de cada una de las áreas del negocio. El DesignThinking no sirve sólo para lanzar nuevos procesos de trabajo con prácticas reales, sino para que cada área de la empresa (habilitadores) no se quede obsoleta.



### PROTOTIPAR (SAMP)

Ejecuta la visión. Ver y sentir un prototipo. La política de gestión de activos y los objetivos organizacionales proveen del contexto general y da dirección a las actividades de la organización, incluyendo sus actividades de gestión de activos. Los objetivos organizacionales generalmente surgen de las actividades de planificación a nivel estratégico de la organización y son documentados en un plan organizacional.

### EVALUACIÓN (TESTEAR)



Evaluar es medir, obtener feedback. Consiste en dar a los clientes internos y externos el prototipo (SAMP), que ellos sientan la experiencia de tenerla y el poder de compararlo con otras (SAMP). Hay que comprender su entorno y sus motivaciones, viendo en qué medida una solución propuesta tiene ramificaciones en toda la empresa que no terminan en el mero uso cuando tengamos la auditoría interna y de seguimiento a la de la certificación ISO 55001.

### **BUENAS PRÁCTICAS DE DISEÑO DEL PLAN**

#### **Los beneficios de un plan**

Una empresa con una dirección enfocada y estratégica es mucho más atractiva para los accionistas e inversores potenciales que una empresa aparentemente a la deriva y sin timón. Un alto nivel de organización dentro de la empresa, así como su dedicación para lograr metas a corto plazo y a largo plazo, puede hacer que sea más fácil para un negocio de reunir capital y seguir creciendo tanto en tamaño como en rentabilidad. La dirección estratégica en este caso sirve como una forma de publicidad para las instituciones financieras y los inversores privados.

#### **Enfoque de empleados sobre los objetivos**

Una dirección estratégica dentro de un departamento o empresa permite, como propietario de un negocio o gerente, enfocar a los empleados en objetivos específicos. Los empleados pueden trabajar con mayor eficiencia y una mejor asignación de los recursos, ya que cada trabajador se apunta hacia una tarea específica destinada a lograr la meta más grande. Los empleados deben entender cómo cada tarea se inscribe en el objetivo de negocio más grande para obtener un mayor sentido de importancia en el proyecto más grande.

#### **Analizar las fortalezas y debilidades**

Una dirección estratégica para un proyecto o meta de negocio permite a las empresas determinar sus fortalezas y sus debilidades, y crear un plan que se adapte mejor a estas características. Por ejemplo, si una empresa identifica su personal comercial como una fortaleza, puede crear un plan estratégico diseñado para crear mayores ventas a través de programas de incentivos y capacitaciones más a fondo en ventas. Las metas para este plan se miden a través del desempeño de ventas de todo el personal, así como el desempeño de los vendedores individuales dentro del departamento.

#### **Solución de problemas operacionales**

Cuando una compañía toma una decisión firme en su camino hacia el éxito, es más fácil determinar qué elementos de la empresa bloquean ese camino. Una dirección estratégica clara puede permitir a una empresa eliminar los gastos innecesarios y racionalizar el esfuerzo para una óptima eficiencia en el trabajo según las metas de la compañía. Los gastos operativos también más saludables pueden ayudar a una empresa en cualquier crisis económica de la industria a evitar frenar el crecimiento de la empresa y afectar las posibilidades de alcanzar tus metas financieras.

Con la aplicación de esta metodología se ha logrado implantar planes estratégicos de gestión de activos (SAMP), con éxito en los sectores de Energía, Gas, Agua, Petróleo, Manufactura, logrando con ello la aceptación del SAMP por parte de la alta gerencia, media y el personal táctico y operativo. Este éxito se ha traducido en avances significativos en el nivel de madurez de las empresas y en resultados positivos a nivel financiero, de seguridad y disponibilidad de los activos.

AUTOR:

Dr. **LUIS AMENDOLA**, Ph.D  
[luigi@pmmlearning.com](mailto:luigi@pmmlearning.com)

CEO & Managing Director PMM,  
Managing Director Center for Innovation  
& Operational Excellence (CIEx), USA,  
Investigador PMM Business School, Europa,  
Research Universidad Politécnica  
de Valencia, España



# ENCUESTA LATINOAMERICANA DEL ESTADO DE LA LUBRICACIÓN EN LA INDUSTRIA

Durante el Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad México (CMCM) del año 2016, se llevó a cabo una encuesta para conocer las prácticas de lubricación de la industria representada en el evento.

60 empresas respondieron la encuesta por medio de un cuestionario de 68 preguntas que permiten estimar el grado de madurez de cada uno de los 40 Elementos del proceso de lubricación.

## MÉTODO DE DIAGNÓSTICO

Aprovechando el conocimiento y la experiencia de más de dos décadas, Noria ha desarrollado ASCEND™ (Patente U.S. Serial No.: 29/456,954); una metodología diseñada para evaluar objetivamente las prácticas de lubricación, diseñar las mejoras y asegurar su sostenibilidad. La metodología permite incrementar la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas mediante la optimización de las tareas de lubricación.

La metodología calcula, mediante un algoritmo propio y procesos patentados, la madurez de las distintas áreas del proceso de lubricación y

determina prioridades de implementación con las premisas de maximizar el retorno y acelerar el plan de acción, a la vez que se definen estructuras sólidas para la sostenibilidad del programa.

La metodología ASCEND™ identifica las seis Etapas<sup>1</sup> que conforman el ciclo de vida del lubricante y el proceso de lubricación. Los elementos de las Etapas se clasifican en tres niveles de gestión<sup>2</sup> en función de su importancia y enfoque. ASCEND™ identifica 40 Elementos<sup>3</sup> individuales del proceso de lubricación. Si desea conocer a detalle los Elementos, visite nuestra página <http://noria.mx/ASCEND/>, seleccione la opción SUS ELEMENTOS y haga clic en el Elemento para obtener una descripción.

## HERRAMIENTA DE AUTO-DIAGNÓSTICO

Para esta encuesta, se utilizó la versión de Auto-Diagnóstico (ASCEND™ Self Assessment-ASA™) que consiste en responder 68 preguntas que correlacionan las prácticas actuales comparadas contra "el debe ser" (Estado óptimo de referencia - ORS) definido por Noria para

identificar diferencias.

ASCEND™ define tres Grados de Madurez comparando las desviaciones de la condición actual con respecto al ORS. A cada grado de madurez se le asigna un color para visualizar de manera intuitiva las oportunidades de mejora, o los elementos que cumplen con las mejores prácticas. El grado de madurez Rojo indica cumplimiento con el ORS menor a 30%, Amarillo se asigna al cumplimiento desde 31% hasta 90% y el color Verde es asignado a los Elementos que tienen un grado de cumplimiento mayor al 90%.

Nuestra experiencia indica que cuando una persona se auto-evalúa, se tiende a ser demasiado permisiva o demasiado estricta y es por ello que los resultados de esta encuesta deben ser considerados como una guía (hemos comparado los resultados de SAS contra un diagnóstico efectuado por nuestros especialistas y la desviación es de +/- 25%).

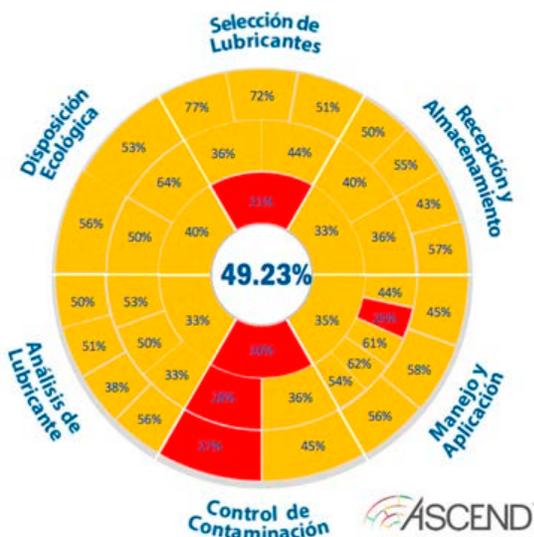
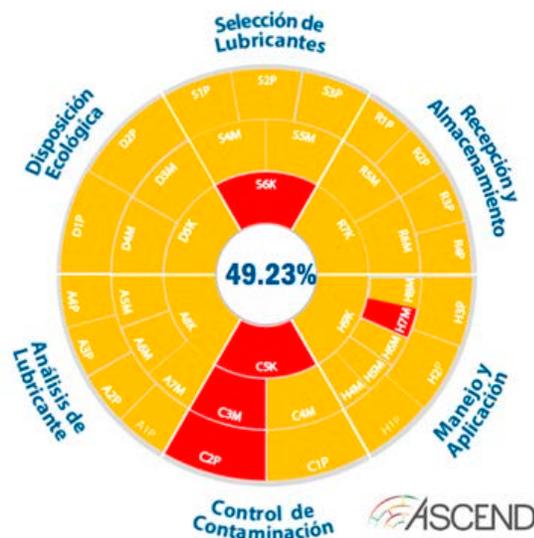
La representación gráfica de ASCEND™ permite, de manera simple, identificar la importancia de los elementos del proceso de lubricación por su estructura jerárquica de niveles de gestión y, notar por los colores aquellos que requieren mejorar en su desempeño.

La experiencia nos indica que si en el Auto-Diagnóstico se obtiene un Nivel de cumplimiento ASCEND™ (ASCEND™ Compliance Level – ACL™) menor al 50%, es conveniente efectuar un Diagnóstico presencial para identificar de manera más concreta las oportunidades y trazar el plan de ruta hacia la mejora.

El promedio de ACL™ de la industria a nivel mundial es de 43%. Este dato es obtenido de los cientos de diagnósticos presenciales que Noria ha efectuado en todo el mundo. Este dato nos indica que la industria trabaja actualmente con pobres prácticas de lubricación y que la oportunidad de mejora es enorme.

## RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Los datos han sido procesados para eliminar plantas duplicadas y obtener un resultado confiable.



Resultado de la encuesta (Auto-diagnóstico)

El ACL™ promedio de la encuesta es de 49.23%. Este resultado no se aleja de la media obtenida en nuestras experiencias de diagnóstico presencial.

Las oportunidades más valiosas se encuentran en las tareas de Control de contaminación - ( C ) y Recepción y almacenamiento.

	Etapa	Madurez		Etapa	Madurez
S	Selección	57.31%	C	<b>Control de contaminación</b>	<b>33.24%</b>
R	<b>Recepción y almacenamiento</b>	<b>46.46%</b>	A	Análisis de lubricante	46.84%
H	Manejo y aplicación	53.00%	D	Disposición ecológica	57.43%

Si lo vemos por Niveles de Gestión, es evidente que hay muchas tareas en el Nivel PLATAFORMA que están alejadas de las buenas prácticas y, en consecuencia, el proceso de lubricación carece de fundamentos sólidos. Las tareas del Nivel de Gestión, que dependen de las tareas de Plataforma, simplemente están siendo efectuadas sobre malas prácticas. Un ejemplo de esto es que, si almacenamos mal el lubricante y este se contamina, de poco sirve aplicarlo correctamente a la máquina, ya que, al estar anteriormente contaminado, estará dañando sus componentes.

El resultado de madurez de los elementos relacionados con el entrenamiento y certificación permite ver la necesidad de mejorar la educación y certificación de los técnicos. La educación habilita el que los lubricadores se conviertan en técnicos en lubricación certificados y tengan un plan de carrera que permita aprovechar la experiencia acumulativa. Es evidente también, que no hay

indicadores de desempeño en lo relacionado con la lubricación. Poco se mide y por ello poco se controla.

El resultado global de la encuesta nos confirma que la industria necesita urgentemente implementar las bases de la lubricación. Una mejora de esta área tendrá efectos muy importantes en el incremento de la confiabilidad y la vida de los componentes de la máquina.

Esta encuesta será efectuada próximamente en varios Congresos avalados por AMGA y por el Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento – COPIMAN.

#### REFERENCIAS

- 1 Selección del lubricante (S), Recepción y almacenamiento (R), Manejo y aplicación (H), Control de contaminación (C), Análisis de lubricante (A) y Disposición ecológica (D).
- 2 Plataforma (P) - Elementos que forman los cimientos del programa, Administración (M) - Elementos que habilitan el proceso de administración, los recursos, la programación y el seguimiento de las tareas de lubricación y Medición del desempeño (K) - Elementos que miden el desempeño y permiten mantener el programa dentro de los objetivos, identificar desviaciones de las metas y establecer las recompensas.
- 3 Definen las acciones, tareas, aplicaciones, entrenamiento e indicadores del proceso de lubricación.

AUTOR:  
**GERARDO TRUJILLO**  
*gtrujillo@noriamx*

# AUDITORÍA Y GESTIÓN ENERGÉTICA APLICADA EN LA INDUSTRIA MADERERA



El ahorro de energía eléctrica abarca distintos sectores dentro de los cuales el ser humano desarrolla diferentes actividades. Uno de los sectores al cual está enfocado la eficiencia energética es la industria manufacturera, específicamente en este caso a la industria de la madera. La madera como materia prima es procesada en los aserraderos, los cuales han existido en forma sencilla desde hace siglos (Demers & Teschke, 2000), sin embargo, con la introducción de la electricidad se produjeron importantes avances tecnológicos que mejoraron el diseño de las máquinas y equipos con los cuales se opera. En general, los aserraderos no cuentan con la maquinaria óptima que les permita brindar un servicio y administrar su consumo energético.

Los grandes motores representan las cargas más comunes en este tipo de instalaciones, debido a ello existen problemas relacionados a los costos en las facturaciones eléctricas que en su mayoría abarcan bajo factor de potencia, administración de la demanda máxima y consumo de energía reactiva. Para tal fin de resolver los inconvenientes en el apartado energético, se realiza una auditoría o diagnóstico energético que permite conocer las condiciones actuales bajo las que opera la instalación (FIDE, 2010) y partir de ello realizar las correcciones necesarias además de

optimizar los procesos de trabajo cuyo propósito será reducir el consumo de energía y los costos asociados a esta.

## CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACION

El contrato con la compañía suministradora contempla las características mostradas en la Tabla I:

Sistema trifásico 4H	
Número de servicio	793-110-601-051
Tarifa	OM
Carga conectada	80 kW
Demanda contratada	80 kW

Tabla I. Características del sistema trifásico 4H

La tarifa ordinaria media tensión (OM) contempla los siguientes puntos (CFE, 2016):

1. Servicio general media tensión con demanda menor a 100 kW.
2. Cobro de un mínimo mensual de 10 veces el cargo por kW de demanda máxima medida.
3. Cuando se realiza el contrato de esta tarifa se aplicará el correspondiente depósito de garantía, el cual se reflejará únicamente en su primera factura eléctrica.

La instalación está formada por cargas de fuerza, iluminación y equipos eléctricos varios, como se puede observar en las tablas II y III:

EQUIPOS	CARGA TOTAL (W)
Lámparas de 75W con balastro integrado	900
Lámparas fluorescentes de 9W	27
Lámparas fluorescentes 60W	60
Refrigerador	400
Televisión	200
Caja digital	12
Parrilla eléctrica	750
Ventilador de techo	120
<b>TOTAL</b>	<b>2,469</b>

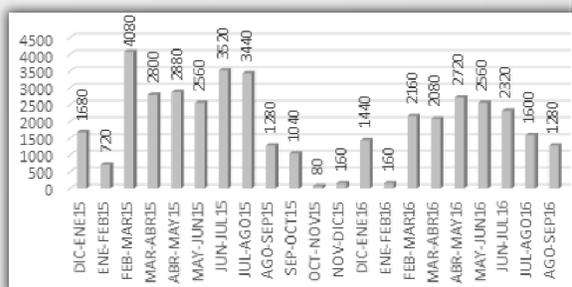
Tabla II. Iluminación y equipos varios

MOTORES	CANTIDAD
Motor 75 HP	1
Motor IEM 30 HP	1
Motor 25 HP	1
Motor WEG 7.5 HP	1
Motor IEM 3.0 HP	1
Motor 1.0 HP	2
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>

Tabla III. Cargas de fuerza

## ANÁLISIS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA

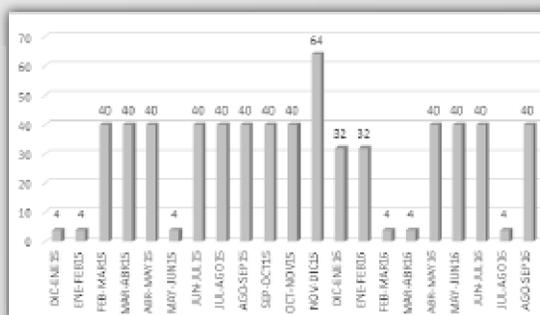
Los análisis de facturación se resumen en las siguientes gráficas, se muestran los datos correspondientes al año 2015 y 2016.



Gráfica I. Consumo de energía años 2015 y 2016

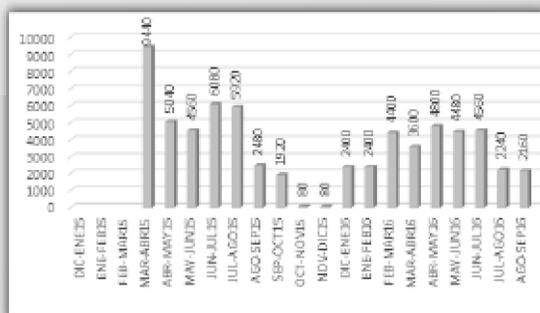
El consumo de energía muestra variaciones ya que no existe una operación uniforme a lo largo de todo el año, sino que depende de las

temporadas en las cuales el aserradero tiene una mayor demanda de trabajo

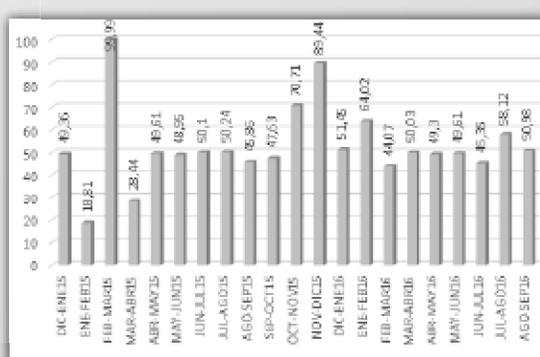


Gráfica II. Demanda máxima años 2015 y 2016

La demanda máxima registrada (gráfica II) en los diferentes períodos mantiene un valor promedio constante de 40 kW alcanzando un pico de 64 kW. Por lo anterior, se puede reducir la demanda contratada de 80 kW a 50 kW y gestionar las cargas en el aserradero mediante una programación manual de los motores que evite los altos picos de demanda.



Gráfica III. Energía reactiva años 2015 y 2016



Gráfica IV. Factor de potencia años 2015 y 2016

Como se muestra en las gráficas anteriores, la

energía reactiva y el bajo factor de potencia producido por los motores, impactan negativamente en la facturación total del cliente. El promedio del factor de potencia años 2015 y 2016 a partir de datos de la compañía suministradora se mantiene en 53% generando penalizaciones por bajo factor de potencia e incrementado los costos.

## RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE REDES

Para contrastar los datos emitidos en las facturas eléctricas, se colocó en la instalación un equipo analizador de redes AEMC power pad 3945-B durante una semana, el cual registró las lecturas de la instalación. Los resultados fueron los mostrados en la Tabla IV:



Figura I Conexión del analizador de redes

## TENSIÓN

VOLTAJES RMS						
Fase	A	B	C	A-B	B-C	C-A
Máximo	134.1	133.3	138.1	229.4	236.1	237.4
Mínimo	127.0	126.6	129.2	217.8	222.9	222.7
Medio	131.3	130.6	134.4	224.7	230.4	231.5

Tabla IV. Voltaje rms

Los niveles de tensión registrados por el analizador en cada una de las fases y entre fases se encuentran dentro de los valores correctos aplicando un porcentaje de variación de  $\pm 10\%$ .

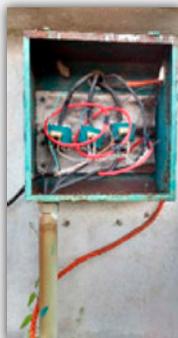


Figura II Instalación de donas del centro de carga

## FACTOR DE POTENCIA

VALORES MÁXIMOS FACTOR DE POTENCIA %				
Fase	A	B	C	Promedio
Máximo	43	62	68	51

Tabla V. Factor de potencia

La Tabla V nos permite visualizar las lecturas registradas por el analizador, muestran un valor reducido de factor de potencia en cada una de las fases, dando por resultado un promedio en las tres fases de 51%. Dicho valor se debe a las cargas no lineales y repercute significativamente en altos costos por penalizaciones.

## POTENCIA REACTIVA

VALORES MÁXIMOS POTENCIA REACTIVA KVAR				
Fase	A	B	C	Total
Máximo	17.8	16.07	20.39	53.88

Tabla VI. Potencia reactiva

Se puede observar en la Tabla VI la potencia reactiva que se consume en la instalación eléctrica debido al campo magnético que requieren las máquinas eléctricas que cuentan con embobinados, se mide en kilovoltio ampere reactivos (KVAR), sin embargo esta potencia no produce trabajo útil pero genera costos que se reflejan en la facturación ya que se encuentra directamente relacionada con el factor de potencia.

## POTENCIA ACTIVA

POTENCIA ACTIVA kW				
Fase	A	B	C	Total
Máximo	9.492	13.94	13.04	36.47

Tabla VII. Potencia activa

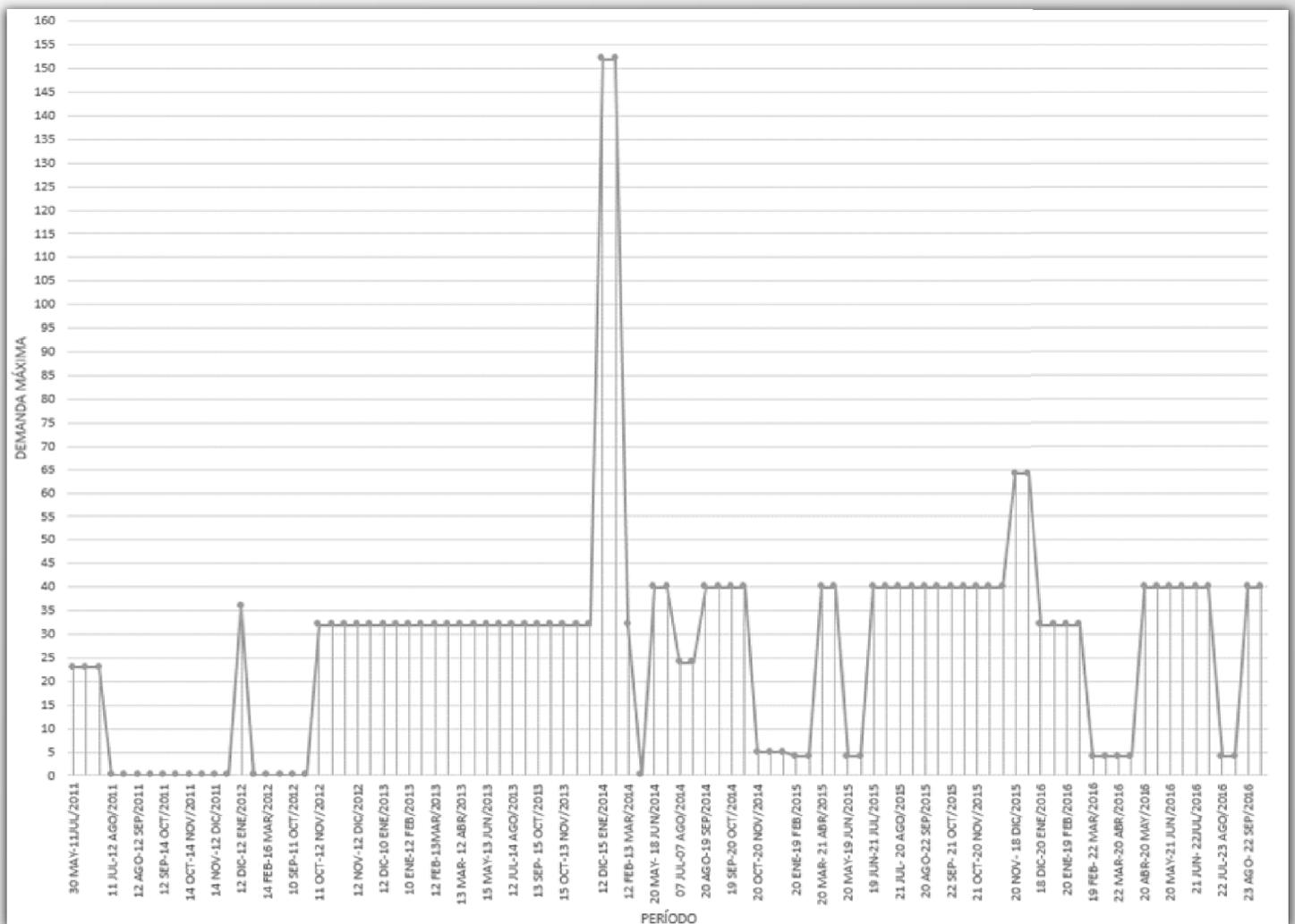
En la Tabla VII, se muestra la potencia activa que se consume en una instalación eléctrica y produce trabajo útil, se mide en kilowatts (kW), genera costos que se reflejan en la facturación mediante la relación del consumo de energía y

la demanda máxima. Mediante estos valores es posible comparar la demanda máxima que aparece en la factura eléctrica y la que registra el equipo analizador. El valor de demanda máxima que se tuvo en el aserradero fue de 36.47 kW. Este valor se puede considerar como un promedio del nivel de demanda máxima que debe registrar el medidor de la compañía suministradora.

Durante la auditoría se determinó que el medidor contaba con tres reseteos a lo largo de cinco años que lleva en operación el aserradero. El personal de la compañía suministradora es el encargado de realizar dicha acción con el fin de dejar en cero kW la demanda máxima para el

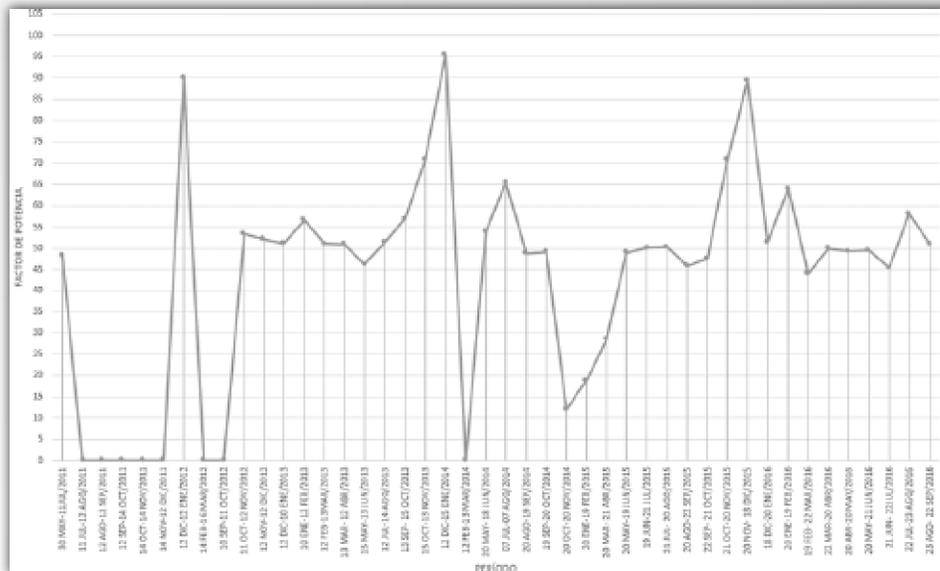


siguiente período, sin embargo, al no resetear el medidor se mantienen acumuladas las demandas máximas ocasionando que en las facturaciones emitidas se observe una demanda máxima similar en todos los períodos durante el año, como se observa en la siguiente gráfica V a partir de los datos históricos.



Gráfica V. Demanda máxima 30 mayo 2011-22 septiembre 2016

El análisis de datos históricos correspondientes al factor de potencia en los diferentes períodos, muestra que el mínimo del 90% de factor de potencia requerido por la compañía suministradora solo se ha alcanzado 3 veces en 5 años como lo muestra la gráfica VI.



Gráfica VI. Factor de potencia 30 mayo 2011-22 septiembre 2016

## CONCLUSIONES

De los resultados anteriores se presentan las conclusiones, las cuales permitirán optimizar la calidad y ahorro de energía en la instalación:

1. Solicitar a la compañía suministradora realizar las mediciones necesarias para corroborar los datos emitidos en la facturación eléctrica y realizar las compensaciones necesarias debido a la falta de reseteo del medidor.
2. Llevar a cabo un programa de mantenimiento en las instalaciones eléctricas del aserradero debido a que se encuentran deterioradas pudiendo ocasionar daños al inmueble y al personal del trabajo.



Figura IV. Centros de carga de la instalación

3. Es necesaria la instalación de un banco de capacitores de 60 kVAR que permita aumentar el factor de potencia y generar bonificaciones para el usuario.
4. Desarrollar un programa de operación de procesos que permita a los empleados gestionar los motores con el fin de evitar picos de demanda mayores a 50 kW.
5. La auditoría energética desarrollada comprueba si la gestión energética está optimizada, el estudio técnico desarrollado, por lo tanto, nos permite corregir los parámetros

eléctricos, principalmente el factor de potencia, asimismo, disminuir las cargas reactivas y, finalmente, desarrollar un programa de ahorro y uso eficiente de la energía en la que el usuario disminuye sus costos de pago de la energía hasta un 50%.

### REFERENCIAS

- Andrés, J. V. (2012). Diagnósticos energéticos para usuarios de Comisión Federal de Electricidad a nivel industrial. México.
- CFE. (2016). Comisión Federal de Electricidad. Obtenido de: [http://app.cfe.gov.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_negocio.asp?Tarifa=OM&Anio=2016&mes=11](http://app.cfe.gov.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp?Tarifa=OM&Anio=2016&mes=11)
- Demers, P., & Teschke, K. (Julio de 2000). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obtenido de: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/71.pdf>
- FIDE. (2010). Fideicomiso para el ahorro de energía. Obtenido de: [http://www.cnee.gov.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20%20\(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos\).pdf](http://www.cnee.gov.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20%20(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos).pdf)

### AUTORES:

**JUAN CARLOS OVANDO SIERRA**  
*jcovando@uacam.mx*

**MAURICIO IVÁN HUCHÍN MISS**  
*mauro\_ivan5@hotmail.com*

**MARGARITA CASTILLO TÉLLEZ**  
*mcastill@uacam.mx*

**MIGUEL J. MARTÍNEZ RUIZ**  
*mjmartin@uacam.mx*

**FRANCISCO LEZAMA ZÁRRAGA**  
*frlezama@uacam.mx*

**Universidad Autónoma de Campeche**  
**Facultad de ingeniería**  
**San Francisco de Campeche México**

# PREDICTIVA21

SIGUENOS EN LINKEDIN

Únete a nuestros foros  
y comparte tus opiniones y artículos



Predictiva21

*Conectate!*



# SMED:

## ESTRATEGIA QUE CONTRIBUYE AL EXITO EN LABORES DE MANTENIMIENTO

SMED es el acrónimo de “Single Minutes Exchange of Dies” que traduce: “pequeños minutos en el intercambio de piezas o moldes. También, cambio de piezas en menos de diez minutos”. Esta metodología de trabajo fue desarrollada por el ingeniero industrial Shingeo Shingo en los años 70.

Este ingeniero japonés fue uno de los líderes en las prácticas de manufactura en el sistema de producción de Toyota. Se le acuña el haber creado el Cero Control de Calidad y el Poka Yoke (a prueba de errores). Shingeo refuerza todos los procesos basándose en las herramientas de Ingeniería Industrial tales como: Ingeniería de Métodos, Medición del trabajo y Estudios del Trabajo, para sacar el máximo provecho y reducir los tiempos fuera de servicio (T.F.S) de las máquinas. Si bien es cierto que Shingeo se

concentró en aplicar estas herramientas al proceso de manufactura de producción en línea, también es muy cierto que podemos aprovecharlo para reforzar el Mantenimiento en una planta con la finalidad de reducir los tiempos de intervención para actividades de ejecución, aumentando de esta manera la disponibilidad y confiabilidad de los activos.

SMED es considerado una revolución en la manufactura de los procesos en línea, sin embargo no todo queda allí, poco a poco sin saberlo los buenos mantenedores han estado en la búsqueda permanente de estrategias que les permitan reducir cada día los tiempos fuera de servicio ya sean para mantenimiento preventivo como para preventivo, que son las dos únicas actividades que restablecen la condición operacional de los activos. Quizás muchas personas no coincidan conmigo con

esta afirmación que hago, debido a que nunca he considerado el mantenimiento predictivo como un mantenimiento en el propio sentido de la palabra. Siempre he considerado la actividad predictiva como una intervención de monitoreo, porque en ningún momento mejora la condición operacional del equipo, tan solo nos dice "en que situación está el equipo". Como bien lo decimos, son inspecciones que hacemos para tomar decisiones de parar o dejar operando el equipo hasta una próxima parada más conveniente.

Volviendo al tema en cuestión, SMED podemos fácilmente utilizarlo como una estrategia de trabajo que nos permita contribuir a ser más exitosos en las labores de mantenimiento. Significa analizar todo el flujo de mantenimiento al momento de la presencia de una falla o de una intervención preventiva. Al igual que lo hace sencillamente el SMED durante el proceso de manufactura, en la cual comienzan con hacer un video de todas las actividades separando las operaciones internas como externas, midiendo sus tiempos en cada una de sus fases y analizando sus dificultades y atrasos, podemos igualmente aplicar esta metodología a una intervención cualquiera; y donde también una buena Planificación y Programación son fundamentales, para dar respuestas acertadas y oportuna a las interrogantes que en ellas encontramos: Qué hacer, Cómo Hacerlo, Con qué hacerlos, Con quién hacerlo, Con cuáles herramientas de apoyo, en cuánto tiempo, etc.

Para aclarar con mayor profundidad lo que quiero decir, traigo como ejemplo un caso de estudio, que consistió en el cambio de un sello en un cilindro hidráulico de la tapa de un horno de fundición de chatarra, materia prima para producir briquetas. En su momento uno de estos tres cilindros presentaba fugas, condición que obligó a repararlo inmediatamente. En ese entonces anotamos todo lo que se hacía, hasta la más mínima operación en cuanto a requerimientos de: maniobras, herramientas, materiales y equipos de soporte, seguridad, etc. Era la primera vez que se ejecutaba el trabajo. Para esa intervención el Tiempo Fuera de

Servicio fue de casi tres turnos. Posteriormente, un poco más de un mes se dañó un cilindro por la misma causa en un horno similar, inmediatamente, ubicamos la información que teníamos del cilindro anterior reparado, la cual aún estaba de manera manual en un cuaderno y se logró reducir el tiempo de intervención a menos de dos turnos de trabajo. Sin saberlo estábamos utilizando de alguna manera algo de SMED porque aun cuando no fue en pocos minutos que se hizo el trabajo y como lo caracteriza esta metodología, lo hicimos muy rápido.

Esta metodología contribuyó para que en el otro horno se construyeran modificaciones que permitían para algunas maniobras, realizarlas en pocos minutos. Para ese entonces me desempeñaba como consultor en esa planta de acería. Que quiero decir con esto. Que sencillamente, si nosotros tenemos procedimientos probados, claros y sencillos que indiquen qué herramientas y equipos requerimos, qué materiales, partes y repuestos son necesarios, con cuáles condiciones de seguridad, el personal y cantidad que se necesita, los soportes escritos, planos, guías, manuales; y muy importante, "modificaciones para mejorar las maniobras a través de SMED"; sin tener duda a equivocarme, estamos en el camino correcto de llevar a buen término una intervención cualquiera por complicada que ésta sea. Y de qué estamos hablando, sencillamente de "SMED"

SMED es una metodología que busca como lo dije anteriormente, que cuando hagamos una maniobra cualquiera para cambiar una pieza, molde, troquel, o simplemente cambiar un componente se haga en pocos minutos. A continuación les dejo un ejemplo de lo que es el resultado de un trabajo SMED para reducir el tiempo de desmontaje de una brida ciega en una tubería.

AUTOR:

**M.Sc Brau Clemenza**

Consultor, Conferencista y Articulista  
[www.sistemademantenimiento.com](http://www.sistemademantenimiento.com)

A close-up photograph of several hands of different skin tones working together to assemble a puzzle. The puzzle pieces are light blue and white. The hands are positioned around the puzzle, with some fingers pointing towards the pieces, suggesting a collaborative effort. The background is blurred, focusing attention on the hands and the puzzle.

## INGENIERIA DE LA COLABORACION TOTALMENTE INTEGRADA

El proceso de ejecución de proyectos de infraestructura petrolera ha tenido un comportamiento secuencial. A lo largo de las etapas de ejecución del proyecto, las distintas disciplinas que participan en dicho proceso intercambian información secuencialmente, creando ciclos de inproductividad o retrabajo durante la documentación de los diseños.

A pesar de que en dicho modelo los ingenieros de proyectos comparten información común y en forma recíproca, los ciclos de trabajo se acentúan puesto que en las estructuras jerárquicas la comunicación entre las disciplinas involucradas no es lo efectiva o lo temprana que se requiere.

Al observar el proceso desde la fase de conceptualización hasta la fase de construcción, los ciclos de inproductividad o retrabajo aumentan a medida que las fases se van completando. La resolución de conflictos en las fronteras jerárquicas involucradas puede estar ligadas a distintas funciones dentro de la corporación, dificultando aún más la comunicación y la toma de decisiones.

El cambio en las empresas de hoy es inminente, debido a que las distancias entre los países se han ido acortando por el poder de las telecomunicaciones modernas y al rompimiento progresivo de las barreras

políticas y comerciales entre las grandes potencias. Estos factores han acrecentado la competitividad entre empresas de manufactura, energía y de producción de alimentos.

En la actualidad, las empresas compiten en un mercadeo global y una de las ventajas competitivas más deseada o importante es la capacidad de colocar tempranamente los bienes de consumo en los mercados mundiales, con calidad y a la entera satisfacción del cliente. Esta tendencia es fácilmente observable en los países industrializados como, por ejemplo, Japón, el mercado común europeo, los Estados Unidos de Norteamérica, China, Corea del Sur, Rusia etc.

Las empresas que han sido capaces de combinar estas nuevas ideas y filosofías de trabajo alcanzando altos niveles de productividad y ventaja competitiva, redundando en mayores ventas y ganancias. En otras palabras, cuanto más se acorte el tiempo de colocación de los productos en el mercado de consumo manteniendo la calidad y tomando en cuenta las necesidades del cliente, mayor será la ganancia, rentabilidad y la competitividad.

El secreto está en reestructurarse dinámicamente para poder responder

rápidamente a las necesidades de los clientes. La competencia entonces, está planteada con base en tiempo y calidad de los servicios rediseñados y gerenciados alrededor de los procesos vitales. Para reducir el tiempo total se requiere la integración temprana de todas las disciplinas en la etapa de conceptualización o básica, algunos autores llaman a este concepto "Front End Loading" o FEL el cual reduce drásticamente los ciclos de retrabajo debido a la sinergia que se logra al compartir en las fases tempranas del proyecto el "know-how" multidisciplinario y multiorganizacional en equipos de trabajo.

La integración temprana de las distintas disciplinas involucradas en el desarrollo del proyecto garantiza una reducción significativa del retrabajo así como la reducción en tiempo y costo necesaria para ser primero en el mercado de consumo, satisfacer al cliente y ganar la ventaja competitiva que se requiere. Para asegurar esos ahorros en tiempo y costo es necesario una mayor integración en función de los procesos vitales. Son fundamentales los equipos de trabajo multidisciplinarios y multiorganizacionales asistidos por los sistemas de información que apoyan la gestión; en otras palabras, la introducción temprana de tecnología dentro de los procesos, con un debido plan de entrenamiento para mejorar las comunicaciones de los equipos de trabajo y reducir la incertidumbre de los mismos. La integración de dichas tecnologías de apoyo define adicionalmente, la frontera de integración necesaria para dar el salto tecnológico que, a su vez, permita la reducción en tiempo y costo que redunde en la ventaja competitiva que se busca.

Es evidente que la integración tecnológica, el trabajo en equipo y la reducción de la incertidumbre durante el proceso de proyectos es una de las vías para lograr la competitividad. Sin embargo, esta integración requiere algo más: la colaboración de los miembros de los equipos de trabajo. Los investigadores de la nueva gerencia llaman a este proceso ingeniería

de la colaboración. Este esquema de trabajo plantea o combina todos estos métodos de trabajo con la diferencia que hace énfasis en el factor humano dentro del proceso.

Esta metodología consiste en combinar las pericias necesarias desde el momento de la conceptualización, a lo largo del diseño, procura, contratación, construcción, mantenimiento, operación y puesta en marcha de la obra. Para ello, se requiere la creación de equipos de trabajo multidisciplinarios e interorganizacionales. Durante las distintas fases del proyecto el liderazgo es compartido, adicionalmente algunas pericias pasan a ser soportes o asesoras de las demás, generando mayor sinergia de grupo.

Bajo esta filosofía, los tiempos totales de ejecución del proyecto se reducen drásticamente, incrementando la calidad, productividad y satisfacción del cliente a menor costo. Este ambiente de retrabajo requiere dos pasos importantes. El primer paso consiste en crear la cultura de trabajo en equipos multidisciplinarios e interfuncionales y sentido de propiedad de los proyectos. El segundo requiere la integración de los sistemas de información lo cual facilita aún más la comunicación, eliminando inconsistencia entre disciplinas, redundancias de actividades y permitiendo predecir con facilidad posibles problemas futuros.

Al integrar todos los sistemas de apoyo, las labores o pericias de informática se acentúan. El esquema de comunicación entre los miembros de los equipos se hace más transparente aunque la complejidad a nivel de computación aumenta. En la actualidad, se cuenta con computadoras capaces de procesar grandes volúmenes de información en tiempos muy cortos. Esto ha permitido que los sistemas basados en conocimientos o sistemas expertos puedan ser utilizados productivamente. Estas facilidades ayudan a los equipos multidisciplinarios de trabajo a diseñar más

facilmente bajo el concepto de "constructibilidad" o lo que se conoce como diseñar, en función de facilitar las labores multidisciplinarias durante la fase de construcción.

Para ello, los equipos de trabajo se deben integrar tempranamente, durante el desarrollo de ingeniería conceptual, el conocimiento práctico de los asesores de construcción, mantenimiento y operación para garantizar el éxito del programa de constructibilidad. Adicionalmente, los equipos de trabajo reciben ayuda de los sistemas basados en conocimiento (expertos) tales como prácticas de diseño, "know-how" de construcción, estimación y licitación todos integrados con la base de datos de los sistemas neuronales.

La ingeniería de la colaboración, concurrente o integrada, se apoya en la gerencia de cambio. La alta gerencia lidera el cambio organizacional utilizando la reingeniería de procesos, lo cual se traduce en organizaciones más aplanadas u horizontales debido a que se dedican a ejecutar los procesos y subprocesos que generen valor agregado a los clientes ajustándose, entonces, al tamaño necesario (rightsizing). Adicionalmente, estas estructuras deben ser dinámicas, elásticas y ajustarse a las

necesidades o demandas de los clientes con facilidad.

En estas organizaciones, las estructuras se forman con equipos de trabajo que deben seguir estrictamente el proceso principal o núcleo de negocio (core business), deben definir y beneficiarse de los procesos donde son más competitivos que la competencia (core competence). En otras palabras, las estructuras son equipos multidisciplinarios de trabajo autónomas en la toma de decisiones y en la administración de los recursos asignados, según los procesos. La gerencia entonces, facilita al ambiente para fomentar al aprendizaje organizacional, a través de los equipos multidisciplinarios integrados por los sistemas de información. Este ambiente se logra adecuando la pericia del personal a las nuevas necesidades.

Para ello, la gerencia fomenta y practica en mejoramiento continuo, mediante la optimización y control estadísticos de dichos procesos. Adicionalmente, los sistemas de apoyo deben estar orientados a fomentar la innovación, creatividad y el mejoramiento continuo. La medición del aprendizaje de estas nuevas estructuras es muy importante, puesto que permite visualizar a tiempo los correctivos



necesarios que se requieran. Para ello se utilizan índices de gestión, monitoreando los cambios en la cultura, valores, pericias y procedimientos para establecer a tiempo los cambios organizacionales, según la magnitud del cambio tecnológico.

En resumen, la inclusión temprana del conocimiento de construcción, procura, estimación, mantenimiento, operación y contratación durante el desarrollo de la ingeniería de detalle, apoyada en la efectividad de los equipos multidisciplinarios orientados a la optimización de procesos, mejoran notablemente los siguientes aspectos:

- A). La comunicación es más efectiva.
- B). El diseño simultaneo y concurrente se hace posible.
- C). La eficiencia de equipos "sinergia" aumenta.
- D). La consistencia multidisciplinaria aumenta.
- E). Se reducen las incertidumbres y se involucra al cliente en el proceso.
- F). Se reduce notablemente los tiempos y costos de ejecución de los proyectos.

Adicionalmente, los líderes de los equipos cuentan con todas las herramientas de apoyo

para tomar decisiones tempranas, evitando tempranamente desviaciones de costos. La introducción de tecnologías o la integración de sistemas de información, aunados a la reducción de la incertidumbre mediante el incremento en la pericia y habilidades de los equipos de trabajo, generando reducciones drásticas en tiempo y dinero.

Por supuesto la gerencia de estructuras dinámicas requiere nuevas habilidades técnico-administrativas. Los especialistas en esta área recomiendan un nuevo paradigma organizacional; se requiere del entendimiento del pensamiento sistemático.

En otras palabras, las organizaciones modernas no son más que sistemas integrados idóneamente para ejecución de procesos vitales en función del cliente. Al mismo tiempo, la organización o sistemas deben crear o fomentar el aprendizaje y mejoramiento continuo dentro del sistema. La magia para el éxito esta en hacer lo invisible visible (documentar), trabajo en equipos multidisciplinarios, escuchar la voz del cliente, compartir información tempranamente (constructibilidad, mantenibilidad y operabilidad), medir y mejorar continuamente.

AUTOR:  
**DR. ALVARO ALFONZO**  
[alvaroalfonzo@utlook.com](mailto:alvaroalfonzo@utlook.com)



**PREDICTIVA21**

[www.predictiva21.com](http://www.predictiva21.com)

---

● ANUNCIA CON NOSOTROS