

Año 4, N° 25, Mayo 2018

# PREDICTIVA<sup>21</sup>

El BIM  
como soporte  
a la Gestión de Activos  
ISO 55000

Gestión de Activos:  
¿De qué estamos hablando  
en realidad?

Selección de potencia  
del motor eléctrico  
en compresores  
reciprocantes  
de múltiples etapas

¿Por qué  
confiabilidad  
centrada  
en las personas?

Predictiva21:  
4 años  
comprometidos  
con lo mejor del  
Mantenimiento Industrial  
y el Asset  
Management





E&M Solutions International, S.A.

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



Foto:  
©Hanami Sohn

## 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) 

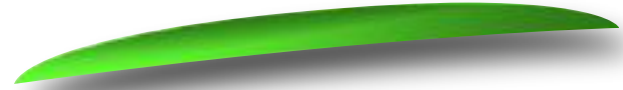
[corporatepanama@eymsolution.com](mailto:corporatepanama@eymsolution.com) 



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



**SiM**



**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**

## JUNTA DIRECTIVA

**Publisher / Editor:**

Enrique González  
*enrique.gonzález@predictiva21.com*

**Gerente de Mercadeo**

Evelyn Córdova  
*evelyn.cordova@predictiva21.com*

**Gerente de Mercadeo**

Fernando Rivas  
*fernando.rivas@predictiva21.com*

**Directora Editorial:**

Alimey Díaz  
*alimey.diaz@predictiva21.com*

**Diseño y Diagramación:**

Sophia Méndez  
*sophia.mendez@predictiva21.com*

**Digitalización y Web Master:**

Edgarmis Villarroel  
*edgarmis.villarroel@predictiva21.com*

**Traductor:**

Richard Skinner  
*richard.skinner@predictiva.com*

**Diseño de Portada:**

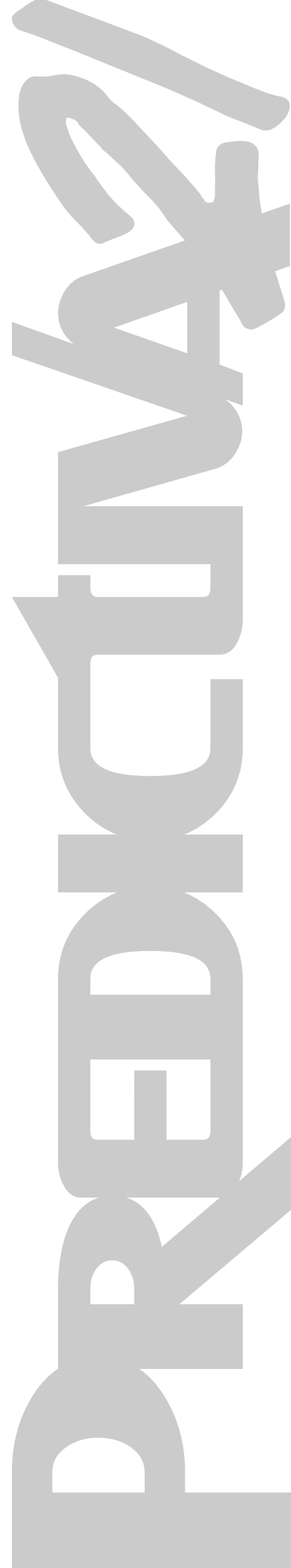
Sophia Méndez  
*sophia.mendez@predictiva21.com*

**Colaboradores:**

Alexis Lárez Alcázar  
Edgar Fuenmayor  
Evelio Chirinos  
Víctor D. Manríquez  
Pedro Nava

---

*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.*



# INDICE

## 06 | EDITORIAL

**08** | **Predictiva21: 4 años comprometidos con lo mejor del Mantenimiento Industrial y el Asset Management**  
Nota de Prensa

**10** | **IMC 2017: La apuesta segura de la Gestión de Activos**  
Nota de Prensa

**12** | **Lo que fue el mantenimiento en 2017: La inteligencia artificial como tema central**  
Nota de Prensa

**14** | **El BIM como soporte a la Gestión de Activos ISO 55000**  
Artículo Técnico

**20** | **Análisis Causa Raíz de un activo físico**  
Artículo Técnico

**30** | **Libros, aportes y autores en mantenimiento**  
Nota de prensa

**35** | **CIFMers LATAM 2017: Consolidada a Buenos Aires como referente en el sector del Facility Management**  
Nota de prensa

**38** | **Mara de Oro de Venezuela para el libro: "Ingeniería de Confiabilidad, Metodologías Fundamentales"**  
Nota de prensa

**40** | **Aplicación del estándar API 650 a un activo físico instalado en la industria petroquímica**  
Artículo Técnico

**50** | **¿Por qué confiabilidad centrada en las personas?**  
Artículo Técnico

**60** | **Gestión de Activos: ¿De qué estamos hablando en realidad?**  
Artículo Técnico

**64** | **Eventos**

**65** | **Talleres entrenamiento GE-Beintly para VENEQUIP, STANG y PDVSA**  
Nota de prensa

**66** | **Selección de potencia del motor eléctrico en compresores recíprocos de múltiples etapas**  
Artículo Técnico

## PREDICTIVA 21

### *A tiempo para el 2018*

Con un poco de retraso, llevamos a ustedes una nueva edición aniversario de Predictiva 21. Esta edición, la número 25, coincide con nuestro cumpleaños número 4, y el inicio de nuestro año editorial número 5, que arranca en los albores del 2018. Cada comienzo es una nueva oportunidad de reescribir lo que somos y lo que hacemos. Para Predictiva21, estos cuatro años de esfuerzo sostenido, crecimiento y expansión han sido enriquecedores, renovadores desde todo punto de vista; una hermosa oportunidad para hacer contacto con interesantes actividades de la industria del mantenimiento, y la honrosa posibilidad de conocer y entrevistar a distinguidas personalidades del mundo del asset management, hombres y mujeres de singular inteligencia que han dedicado su vida a difundir y alimentar esta disciplina en nuestra región.

El acto de compartir es, si se quiere, el acto supremo de la naturaleza: transferir la genética, copiar la vida, transferir información de una generación a otra, hacer réplicas de sí misma una y otra vez hasta poblar y llenar lo que sea deseable y posible poblar. En este sentido, nuestra revista siempre ha sido totalmente orgánica, equilibrada, y también vital: nos hemos dedicado a difundir los valores del mantenimiento y el asset management, disciplinas que mantienen funcionando los enormes "organismos" industriales del mundo, esos que dinamizan la sociedad, producen bienes y servicios y le dan forma y consistencia a la palabra "desarrollo". Desde estos bastidores digitales hemos estado muy orgullosos de tomar parte de todo este movimiento, aunque sea de forma modesta y a

veces lateral. Pero nos enorgullece, porque todos deseamos pertenecer a algo más grande que nosotros mismos, como un reflejo natural de nuestras necesidades humanas de trascendencia. Y Predictiva21 ha sido eso: un vaso comunicante entre los mantenedores y el gran público, para que todos sepan de que va esto del mantenimiento, que involucra a mentes brillantes y cuyos avances son el resultado de largas horas de esfuerzo, trabajo, ensayo, error y transferencia de conocimientos de miles de profesionales en el mundo entero.

En este número traemos para ustedes varios trabajos e investigaciones de interés, las reseñas de los eventos de mantenimiento más importantes del 2017 y muy especialmente la reseña de varios libros y obras de consulta sobre asset management, en donde varios profesionales exponen brillantemente sus conocimientos, experiencias y descubrimientos, para el uso de toda la comunidad del mantenimiento. Estas iniciativas, que se corresponden sabiamente con esa inclinación intrínsecamente humana de legar lo aprendido, también calzan perfectamente con los ideales de esta publicación: facilitar el acceso al conocimiento como pilar básico de esta (cualquier) civilización. Les dejamos pues con esta nueva edición, esperando que la disfruten. Feliz cumpleaños Predictiva21.

**Enrique González**  
Director



# PREDICTIVA21

SIGUENOS EN LINKEDIN

Únete a nuestros foros  
y comparte tus opiniones y artículos



Predictiva21

*Conectate!*

**PREDICTIVA<sup>21</sup>**  
**4 AÑOS COMPROMETIDOS  
CON LO MEJOR  
DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
Y EL ASSET MANAGEMENT**

*Nuestra revista ya arribó a su cuarto aniversario, tiempo en el cual llevar la información más novedosa sobre los últimos avances y descubrimientos en el mundo del mantenimiento industrial a nuestro público lector ha sido nuestro principal baluarte.*

Mucho tiempo ha pasado desde que, en agosto del año 2013, la empresa E&M Solutions comenzará a gestar la creación y puesta en marcha de la revista digital Predictiva21. Desde el principio, nos comprometimos a realizar un producto editorial de calidad, con información oportuna, siempre apegados a nuestra ética editorial de difundir lo mejor del mantenimiento industrial y el asset management, con calidad visual, pero, sobre todo, nos comprometimos a comunicar con pasión.

Al comienzo, como todo, le dimos muchas vueltas a este proyecto. Los ingenieros de E&M

Solutions fueron los primeros involucrados en este reto, prestando desde el principio un apoyo inestimable al recién estrenado equipo editorial, este último muy versado en las artes de escribir, pero con conocimientos nulos sobre esa área de la ingeniería que lucía esquiva y nebulosa para quien nunca antes había entrado en contacto con lo que es la gestión de activos. El cuerpo de ingenieros de la empresa se tomó el trabajo, pacientemente y por turnos, de iniciar a editores y periodistas en los conocimientos y conceptos básicos de esta rama de la ingeniería, creando un puente comunicacional que dio como resultado la revista que hoy todos conocemos y que tantas satisfacciones profesionales nos ha reportado.



Nuestra primera salida al ruedo fue durante el COLAGA 2013, el evento de mantenimiento que organizará Avepmco, la Asociación Venezolana de Profesionales del Mantenimiento, liderado por Gyogi Mitsuta. En aquel momento aún no había salido nuestro primer número, pero cubrimos el evento con pleno ánimo reporteril, orgullosos de lo que estábamos creando. Nuestra diseñadora creó para la ocasión la que fuera nuestra primera página web, que posteriormente se modificó para dar origen a la que hoy conocemos.

Luego vinieron los eventos internacionales, las entrevistas con los principales representantes del asset management en el mundo, entrevistas memorables con figuras de renombre, como Terrence O'Hanlon, CEO de reliabilityweb.com y Uptime Magazine; John Woodhouse, creador de la norma PASS 55, que dió origen a ISO 55000; o la venerable figura del Maestro Lourival Tavares, precursor del asset management en nuestro continente; así como otras grandes figuras que se han ganado un sitio en la historia de esta disciplina a base de esfuerzo sostenido y aprendizaje constante. Predictiva21 ha estado presente en eventos como URUMAN (Uruguay), IMC (Estados

Unidos), CMCM (México), reflejando en nuestras páginas la importancia de estas iniciativas para el fortalecimiento y difusión de esta disciplina y su impacto en la creación de empresas de clase mundial.

Uno de los grandes Objetivos de Predictiva21 ha sido siempre servir de vaso comunicante entre las asociaciones de mantenimiento de Iberoamérica, de ahí nuestra estrecha relación con URUMAN en Uruguay, la Asociación Mexicana de Ingeniería de Mantenimiento, COPIMAN, abriendo nuestras puertas a todos los profesionales deseosos de compartir sus conocimientos y experiencias, para fortalecer la dinámica de esta profesión.

Han sido cuatro años de los cuales estamos muy orgullosos. Hemos cosechado éxitos, reconocimiento internacional y nuestra querida revista es conocida en vastas regiones del orbe. Pero, sobre todo, hemos cosechado amigos. Y, al final, esa será siempre nuestra más importante recompensa. Gracias a todos por habernos permitido entrar en sus pantallas a lo largo de estos cuatro años.

The logo for Predictiva21 is displayed in a large, bold, white, stylized font. The text is contained within a white rectangular border that is slightly tilted. The background behind the text is a dark, textured surface, possibly representing a brick wall or a similar industrial material. The overall aesthetic is modern and industrial.

# IMC 2017:

## LA APUESTA SEGURA DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS

**Como todos los años, se llevó a cabo la 32° International Maintenance Conference, en Bonita Spring, Florida, que agrupó a los mejores exponentes del asset management del mundo entero. Como siempre bajo la conducción de Terrence O'Hanlon, CEO de Reliabilityweb.com y Uptime Magazine, y Director Ejecutivo Interino de la Asociación de Profesionales en Mantenimiento (AMP) quien presidió la ceremonia de entrega anual de premios 2017 Uptime Award.**

Una excelente organización tuvo la más reciente organización de la 32° International Maintenance Conference, realizada en Bonita Spring, Florida, que agrupó a los mejores exponentes del asset management del mundo entero. Terrence O'Hanlon, CEO de Reliabilityweb.com y Uptime Magazine, y Director Ejecutivo Interino de la Asociación de Profesionales en Mantenimiento (AMP) presidió el evento, así como la ceremonia de entrega anual de premios 2017 Uptime Award.

Terrence O'Hanlon, quien tiene una sólida carrera en mundo del mantenimiento, manifestó su satisfacción por el desempeño de esta conferencia, que se ha convertido en la cita obligada para los profesionales del área.

La asistencia contó con más de 1000 Asset Managers, Líderes de Excelencia Operacional, Líderes en Confiabilidad, Ejecutivos de IoT, Directores de Mantenimiento y profesionales de Monitoreo de Condición provenientes de 41 países. "Creo que esta es la única conferencia donde estos importantes asociados se reúnen bajo un mismo techo. Alcanzar objetivos

comunes requiere conversaciones, muchas de ellas. La asistencia diversa en funciones permite a las personas ver y escuchar perspectivas que quizás nunca hayan conocido" dijo O'Hanlon durante el acto de cierre.

Entre las conclusiones y cierres derivados de cinco días de conferencias, exposiciones, trabajos y mesas de negocios, vale destacar aquellas que resumen y rescatan el verdadero espíritu del mantenimiento, desde su concepción como rama de la ingeniería.

### **1 La confiabilidad es responsabilidad de todos**

Hace referencia a que las organizaciones que tienen equipos multifuncionales de operaciones y mantenimiento se benefician grandemente con esta premisa, por cuanto los equipos de proyectos, ingeniería y capital deben reunirse para sostener conversaciones acerca de un Diseño Centrado en la Confiabilidad y escoger los mejor para la empresa.

## **2 La confiabilidad es una estrategia de crecimiento!**

Tom Shaw, CEO de LOOP LLC (Louisiana Offshore Oil Port) ofreció una charla RAP que contenía muchos mensajes poderosos de negocios, enfocando la confiabilidad como una estrategia de crecimiento. El mayor impacto para la audiencia ocurrió cuando Mr. Shaw mostró la imagen de ahorro en costos de mantenimiento aportada por la confiabilidad y cuando nos informó que los socios de la compañía reinvertían los ahorros por ganancias en la expansión de activos, enviando dichas ganancias al nivel máximo.

## **3 La importancia de la Inteligencia Artificial (AI)**

Este este caso, la A significa aumentada, no artificial. Hubo un Panel de Colaboración Hombre-Máquina, integrado por profesionales certificados y liderado por John Murphy, IoT Senior Leader, de Reliabilityweb.com, con quienes discutieron la cooperación entre hombre y máquina para la confiabilidad y gerencia de activos a nivel avanzado. Según el Buró de Estadísticas Laborales, cerca del 60% de las tareas de mantenimiento serán "asistidas por máquinas" para el año 2022. Ben Pring, uno de los conferencias, destacó que "habrá aún mucho qué hacer cuando las máquinas lo hagan todo", como una forma de indicar que la inteligencia humana no puede ser desplazada por las máquinas, dada su naturaleza expansiva y su capacidad de creación continua.

## **4 Eso que te molesta te lleva a crear soluciones.**

Una nota maravillosa que cambia la mente y la visión de futuro viene de Ben Pring, autor de Qué Hacer cuando Las Máquinas lo Hagan Todo, quien destaca que NO hay que temer a las máquinas. Identifique los problemas (o cosas que le fastidien) y encontrará grandes oportunidades de negocios al resolverlos con nuevas máquinas.

## **5 Conferencia como Gerencia de Activos.**

El equipo de Reliabilityweb.com encabezado por Lyz Spires proporcionó el mayor evento en la historia de Reliabilityweb.com, usando una amplia variedad de medidas que se enfocan en los resultados de los clientes. Este equipo planificó, trabajó y se comunicó para asegurarse que todas las inquietudes de los asociados sean tomadas en cuenta, alineando los objetivos coordinados a través de las funciones, trabajando con una visión a largo plazo y siguiendo los valores de Reliabilityweb.com en cuanto a Integridad, Autenticidad, Responsabilidad, llegar siempre más alto, usar un proceso de decisión transparente y poniendo en práctica el conocimiento de todos los riesgos y oportunidades posibles. Todo un inspirador ejemplo para la comunidad mundial de mantenedores.

El evento cerró con la entrega de premios a los ganadores del 2017 Uptime Award. Para más información sobre el IMC 2018, por favor ir a la dirección [www.imc-2018.com](http://www.imc-2018.com).



# Lo que fue el mantenimiento en 2017:

## LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO TEMA CENTRAL

El mantenimiento industrial y la gestión de activos es una actividad que estuvo muy concurrida durante el año 2017, gracias a todas las gestiones y esfuerzos desplegados por los mantenedores en varias partes del orbe.

Desde hace varias décadas, Hispanoamérica ha mostrado un gran interés por la gestión de activos y por llevar a nuestra región a la vanguardia de las tendencias tecnológicas y científicas, tarea a la que muchos destacados profesionales han dedicado sus vidas. Congresos, encuentros, foros, charlas, cursos, post grados, son muchas las acciones tomadas para lograr este objetivo: alinear a la región de LATAM con las normas y estándares internacionales de calidad para tener empresas y emprendimientos de Clase Mundial.

Los congresos han sido el punto de encuentro por excelencia del mantenimiento. Son los espacios idóneos para compartir ideas y experiencias, crear alianzas e impulsar las actividades del sector. En Uruguay tuvo lugar en Octubre el Congreso URUMAN 2017, que en su 13° edición llevó por nombre "La Revolución Digital y su Impacto en la Gestión de Activos en Industria y Facility". Bajo la organización de la Sociedad Uruguaya de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad (URUMAN), con el auspicio del Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento (COPIMAN) y de la Asociación de Ingenieros del Uruguay (AIU). El evento fue el marco idóneo para reunir a profesionales del ramo, en donde debatieron durante tres días sobre el impacto de las nuevas tecnologías TIC en la Gestión de Activos a través

del IoT (internet de las cosas), el uso de la nube, y todo lo que abarca el mundo digital respecto a la productividad, los servicios y el medio ambiente.

También en México, como todos los años, tuvo lugar en la ciudad de León el Congreso Mexicano de Mantenimiento y Confiabilidad CMCM 2017, que al igual que el congreso uruguayo se esfuerza por promover el vínculo y encuentro entre las autoridades del mantenimiento y las generaciones emergentes de profesionales y técnicos. En el evento se discutieron temas de importancia crucial, entre estos el desarrollo de la cultura del mantenimiento, el incremento de la productividad global, como eliminar del 33% al 55% en gastos de mantenimiento o como aumentar hasta 300% el tiempo de disponibilidad de equipos, entre otros aspectos.

En diciembre, se realizó en Florida el International Maintenance Conference, IMC 2017, bajo la conducción de Terrence O'Hanlon, CEO de Reliabilityweb.com y Uptime Magazine, quien desde hace años lleva el liderazgo de la gestión de activos en Estados Unidos. Los temas abordados en esta nueva edición del IMC se centraron en la confiabilidad como estrategia de crecimiento, y muy especialmente en la importancia de la Inteligencia Artificial (AI). Este ha sido prácticamente el punto común de los congresos y eventos que tuvieron lugar el año pasado tanto en Norteamérica como en LATAM.

En Argentina se realizó el Congreso Internacional de Facility Managers, CIFMers LATAM 2017, en donde Buenos Aires ha quedado como referente de esta disciplina para Latinoamérica. La Fundación Universidad de Belgrano en Buenos Aires (Argentina), fue el escenario para la puesta en marcha de la segunda edición de CIFMers LATAM, realizada en noviembre, que reunió a expertos mundiales del sector y fue la plataforma de

comunicación entre Facility Managers, proveedores y asociaciones. El Facility Management, FM, es una disciplina relativamente nueva, que procura el mejor uso de instalaciones y edificios en función de sus servicios y la interrelación del espacio con las personas que lo habitan, y tiene su hábitat en infraestructuras de uso masivo como hoteles, hospitales, edificios empresariales o grandes centros de estudio. Esta disciplina contempla las edificaciones como activos, y usa parámetros de manejo afines con la Gerencia de Activos de la Ingeniería de Mantenimiento, por lo que se ha convertido en una especie de disciplina conexas con el mantenimiento industrial, sobre todo en una época en la cual hay una clara tendencia hacia la domótica y las sociedades interconectadas, en donde Ingeniería y FM tienen mucho que decir.

Así, el 2017 fue un año bastante interesante en materia de mantenimiento industrial, sobre todo porque las diferentes asociaciones de Ingeniería de Mantenimiento siguen mostrando un creciente interés en difundir conocimientos y crear conexiones que, demostrado está, son el tejido de protección para las sociedades actuales y las futuras, cuya construcción ya comenzó.



En el pasado, los gerentes de las organizaciones se han involucrado en el proceso de planificación de la construcción (de la instalación o planta industrial) de una manera muy limitada, implementando estrategias de mantenimiento basadas en la condición de la proyecto en el momento en que esta entra en operación. En la actualidad, el modelado BIM puede permitir a los gerentes de las instalaciones entrar en escena en una etapa mucho más temprana, en la que pueden influir en el diseño y la construcción. La naturaleza visual de BIM permite a todas las partes interesadas obtener información importante para la toma de decisiones.

Todo lo anterior nos permite resumir que el BIM se fortalece como herramientas fundamental para la gestión de la información de los activos durante todo el ciclo de vida.

## Conclusiones

La creación de modelos de información está surgiendo como una forma innovadora de diseñar y administrar proyectos virtualmente. La previsibilidad del rendimiento y la operación de las instalaciones, edificio o planta industrial, se mejora enormemente al adoptar BIM. A medida que se incrementa el uso de BIM, la colaboración dentro de los equipos de proyecto debería aumentar, lo que redundará en una mejor rentabilidad, menores costes, una mejor gestión del tiempo. El BIM representa un nuevo paradigma dentro de las áreas de la ingeniería, arquitectura y construcción, este al igual que un sistema de gestión activos, alienta la integración de los roles de todas las partes interesadas dentro de un proyecto. Esta integración tiene el potencial de generar una mayor eficiencia y armonía entre los miembros del equipo de las diferentes áreas de la organización que con demasiada frecuencia en el pasado se veían a sí mismos como adversarios. Como en la mayoría de los cambios de paradigma, sin duda habrá riesgos.

El sistema de gestión de activos bajo los requerimientos de la norma ISO 55001, 2014 continúa siendo un paraguas donde se acogen y convergen diferentes sistemas de gestión, pero también diversas herramientas para potenciar la rentabilidad de los activos durante todo su ciclo de vida de los activos.

Todos estos elementos están estrechamente relacionados con la capacidad de la organización para ofrecer satisfacción a sus clientes y satisfacer las expectativas de sus partes interesadas, al tiempo que protegen la capacidad de la organización para hacer negocios a largo plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Arayici, Yusuf and Aouad, Ghassan. (2015). Building information modelling (BIM) for Construction Lifecycle Management. Research Gate. School of the Built Environment, The University of Salford, Greater Manchester UK.
- 2) Azhar, S., Hein, M and Sketo, B. (2008). "Building Information Modeling: Benefits, Risks and Challenges", Proceedings of the 44th ASC National Conference, Auburn, Alabama, USA.
- 3) Bernstein, P. G., and Pittman, J. H. (2005). "Barriers to the adoption of building information modeling in the building industry." Autodesk Building Solutions Whitepaper Autodesk Inc., San Rafael, CA.
- 4) BSI PAS 1192-2, 2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling, BSI UK
- 5) Campbell, J. D., Jardine, A. K., & McGlynn, J. (Eds.). (2016). Asset management excellence: optimizing equipment life-cycle decisions. CRC Press.
- 6) Ferguson, Charmaine Pearl and Hansen, Niels Erik. (2011). BIM, BAM, BOOM. The life of a Building Information Model. Via University College.
- 7) Hamel, G., & Valikangas, L. (2004). The quest for resilience. Revista Icade. Revista de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales, (62), 355-358.
- 8) Häkkinen T M (2007). Sustainable building related new demands for product information and product model based design, ITcon Vol. 12, pg. 19-37.
- 9) ICE, ICES and IAM, 2015. BIM and Asset Management. ICE Asset Management Group.
- 10) Howell I. and Batcheler B. (2005). "Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential", Some Success and Several Limitations, Laiserin Letter, Issue: 24, 2005
- 11) ISO 55000, 2014. Asset Management. Overview, principles and terminology. The British Standards Institution.
- 12) ISO 55001, 2014. Asset Management. Management systems. Requirements. The British Standards Institution.
- 13) Lemer, A.C. (1998) Progress Toward Integrated Infrastructure-Assets-Management Systems: GIS and Beyond, Innovations in Urban Infrastructure Seminar of the APWA International Public Works Congress, Los Vegas, Nevada, USA, pp. 7-24.
- 14) Kyle, B.R. (2001), "Toward Effective Decision Making for Building Management", APWA International Public Works Congress, Philadelphia, Sep. 2001, NRCC/CPWA/IPWEA Seminar Series "Innovations in Urban Infrastructure",
- 15) Salanova, M. (2009). Organizaciones saludables, organizaciones resilientes. Gestión Práctica de Riesgos Laborales, 58, 18-23.
- 16) Vanier, D.J. (2001) "Why industry needs asset management tools", Special Issue on Information Technology for Life-Cycle Infrastructure Management, Journal of Computers in Civil Engineering, ASCE, pp. 35-43.

AUTOR:

ALEXIS LÁREZ ALCÁZAREZ

alarez39@gmail.com

# El BIM como soporte a la Gestión de Activos ISO 55000

## UNA VISIÓN HOLÍSTICA DEL CICLO DE VIDA DE LOS ACTIVOS A TRAVÉS DEL MODELADO DE LA INFORMACIÓN DESDE LA CONSTRUCCIÓN

### Presente y futuro de las organizaciones

Las organizaciones en la actualidad se ven sometidas a rápidos cambios que de ser afrontados de forma eficaz, les permitirán mantenerse dentro de un mercado altamente competitivo.

Para lograr abrirse paso en este largo camino, en la actualidad las organizaciones disponen de muchas alternativas, sin embargo en este escrito realizaremos una breve revisión de como el BIM puede apoyar al Sistema de Gestión Activos (ISO 55001) de una organización durante todo el ciclo de vida. Cuando hablamos del ciclo de vida se parte de la premisa, que este ciclo se inicia con el diseño que puede ser: de una planta industrial, edificio, centro comercial, etc. Este proceso de diseño es por naturaleza iterativo y dinámico dentro de la misma disciplina, y entre todas las demás disciplina que interactúan, por lo que es normal que durante el desarrollo del diseño, puedan presentarse problemas graves relacionados con la adquisición y gestión de datos, información y requisitos, por otro lado la colaboración multidisciplinaria presenta un desafío adicional, y esto parte incluso del hecho de utilizar diferentes herramientas de software y trabajan en paralelo (Arayici y Aouad, 2015).

Por lo general, las herramientas para la gestión de la información de los activos que se usan actualmente están referidas a proyectos o instalaciones individuales (Vanier y Danylo, 1998). El estudio realizado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, USA) ha informado que existe un gran costo anual (\$ 15.8 mil millones en 2002) asociado con una interoperabilidad inadecuada entre el diseño asistido por computadora (CAD), ingeniería y sistemas de software utilizados en la gestión de instalaciones de capital (NIST, 2002). Ahora, los grandes propietarios de activos están tomando conciencia de los beneficios de trasladar las herramientas de TI de aplicaciones específicas a soluciones más completas (Häkkinen, 2007).

La implementación de tecnología de información (TI) más integrada podría conducir a una mejor implementación de los recursos para el servicio y el correcto mantenimiento de los activos durante todo el ciclo de vida, y esto a su vez permite obtener ventajas competitivas como: la optimización de los costos e incremento en la calidad del servicio. En particular, se pueden lograr beneficios sustanciales mediante la implementación del Building Information Modeling (BIM) integrado con el sistema de gestión de activos (Lemer 1998, Kyle et al., 2006).

Tal como lo afirman Arayici y Aouad (2015). El BIM es una metodología para integrar descripciones digitales de todos los objetos de construcción y sus relaciones con los demás de manera precisa, de modo que las partes interesadas puedan consultar, simular y estimar las actividades y sus efectos del proceso de construcción como una entidad durante todo el ciclo de vida, lo que permite contener los costos y disponer de la información necesaria para la toma de decisiones y que cada vez se posiciona con más fuerza en su uso para la arquitectura, ingeniería y construcción.

Visto desde este enfoque la organizaciones actualmente disponen de normativas internacionales que les permiten obtener lineamientos generales para llevar a cabo estos proceso, por un lado la ISO 5500,2014, como marco de referencia para la gestión de los activos de una organización durante todo el ciclo de vida, con foco en la gestión del riesgo para la optimización de los costos e incrementar los beneficios y por otro lado el conjunto de Estándar PAS 1192-2,2013 y PAS 1192-3,2014, como guía para el uso de los sistemas de información utilizando BIM.

Es necesario iniciar este escrito haciendo una revisión de los conceptos y objetivos tanto de la Gestión de Activos como del Modelado de la información de construcción (BIM), para luego establecer algunos elementos, que permiten entender de qué manera el BIM puede apoyar, la disponibilidad de información adecuada y confiable sobre los activos, vital para la gestión efectiva de los activos, ya que respalda la toma de decisiones, la planificación y la ejecución de las actividades durante todo el ciclo de vida de los activos.

## ¿Qué es la Gestión de Activos?

La Gestión de Activos son todas las actividades de una organización para obtener valor a través de sus activos, esta traduce los objetivos de una organización en decisiones, planes y actividades, utilizando un enfoque basado en

basado en riesgo, por lo que contribuye en la obtención de valor bajo un óptimo equilibrio de los costos financieros, ambientales y sociales, el riesgo, la calidad del servicio y el desempeño relacionado con los activos. (ISO 55000,2014)

Es así como Ruitenburg, et.al, (2014) propone los siguientes 5 criterios para esta definición:

- Es una práctica multidisciplinaria.
- Se considera todo el ciclo de vida de los activo.
- Con el objeto de lograr los objetivos de la organización previamente establecidos.
- Dentro de los límites de riesgo aceptables y de los regímenes pertinentes y
- que esto debe determinar la asignación de los recursos para ello.

Por otro lado Campbell (2016) integra estas visiones y afirma que la gestión de activos es la interacción de las diferentes áreas habilitadoras de una organización (operaciones, mantenimiento, finanzas, RRHH, logística, compra, etc) a través de actividades, que de forma coordinada les permite gestionar los riesgos de forma adecuada para lograr generar valor a la organización.

Adicionalmente se define el Sistema de Gestión de Activos, como el sistema que planifica y controla las actividades relacionadas y sus relaciones para asegurar que el rendimiento de los activos se adapte a la estrategia competitiva previsto por la organización, esta definición proporciona una visión holística e integrada del sistema de gestión de activos dentro de toda la organización (ISO 55000,2014).

La gestión de activos traduce los objetivos de negocio en decisiones, planes y acciones relacionadas con activos dentro de un marco estratégico utilizando un conjunto de procesos, técnicas y herramientas. Busca optimizar el costo, el riesgo y el rendimiento de los activos a lo largo de su ciclo de vida a nivel de activos individuales, sistemas de activos y cartera de activos.



Las prácticas mejoradas de gestión de activos son particularmente críticas para el negocio en organizaciones intensivas en activos donde hay desafíos importantes que abordar en términos de aumento de la demanda de servicios, aumento de las expectativas de las partes interesadas, deterioro de la base de activos y financiación limitada.

El conjunto de Normas ISO 55000 proporciona orientación para su uso en cuanto a: el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión de activos; dirigido a las personas inmersas dentro del proceso, tanto internas como externas de la organización (ejemplo subcontratistas), que son consideradas como pilares para la implementación de los requerimientos de la norma y su sostenibilidad (Sistema de Gestión de Activos, en lo adelante SGA).

### ¿Que es el Modelado de información de Construcción (BIM).?

Proceso de diseño, construcción u operación de un activo de una instalación o infraestructura utilizando información electrónica orientada a objetos. (BSI PAS 1192-2,2013).

BIM es la gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido. Proporciona valor al sustentar la creación, el cotejo y el intercambio de modelos compartidos y los datos estructurados inteligentes correspondientes. Esto ayuda a evitar la pérdida de información al avanzar entre las diferentes etapas del ciclo de vida y las responsabilidades de gestión de transición (ICE, ICES and IAM, 2015).

BIM mantiene las necesidades y el objetivo general del activo en primer plano y evita la pérdida de información cuando cambia la responsabilidad de la gestión de los activos en cuestión.

Las herramientas BIM son el sucesor tecnológico y de proceso de CAD y dibujos 2 /

3D que crean archivos de datos de componentes y espacios físicos. Ofrecen un sistema de trabajo integrado para toda la empresa, que proporciona información accesible, para administrar la construcción y el ciclo de vida de los activos, y, si se explota correctamente, puede generar eficiencias significativas y un mejor valor de los activos.

El BIM no es una aplicación de software única, sino el uso de herramientas de software integradas en un proceso. Su uso se puede aplicar a todos los tipos de activos, no sólo a la construcción, sino a plantas industriales e instalaciones.

Revisados estos conceptos podemos afirmar que actualmente el BIM se han posicionado como una estrategia de gestión de la información de los activos desde la etapa del diseño (Modelo de Información para la construcción) asociada a los proyectos y cuyas grandes potencialidades vienen siendo explotadas desde el sector de la construcción (edificaciones), sin embargo sus potenciales se extiende a cualquier tipo de instalación industrial.

En este sentido es posible afirmar que en la actualidad existe un gran desconocimiento de las ventajas competitivas que pueden lograr las organizaciones en la gestión de la información de sus activos mediante la utilización de herramientas BIM, de hecho muchas organizaciones actualmente no tienen idea de su existencia y menos que estas, se encuentren referenciadas por un conjunto de estándar BSI PAS 1192-2/3/5 y BSI 8536-1/2, como guía para su implementación.

### EL BIM como soporte de la Gestión de Activos

Un Modelo de Información de Construcción (BIM) no es sólo una herramienta de diseño, sino un comunicador y un puente entre las partes involucradas en el proceso que luchan por el mismo objetivo, una construcción de calidad, en un corto tiempo y un buen precio. Las

industrias involucradas deben considerar al modelado de información, no sólo como una herramienta de diseño, construcción o gestión, sino también comprender que funciona cómo una herramienta de colaboración para crear un proyecto cohesivo. (Ferguson and Hansen,2011)

Por lo tanto los principios del BIM, deben aplicarse para reducir el gasto de recursos, dado que promueve la prevención de actividades innecesarias tales como:

- Esperar y buscar información;
- Producción excesiva de información sin un uso definido;
- Sobre procesamiento de información, simplemente porque la tecnología puede; y
- Defectos causados por una coordinación deficiente en el conjunto de datos gráficos y no gráficos que requieren una repetición.

El proceso de BIM genera modelos de información y su información asociada que se utilizarán a lo largo del ciclo de vida de la construcción, infraestructura, instalaciones o activos.

Por lo tanto es factible afirmar que existe una interrelación y coherencia para satisfacer el requerimiento 7.5. Información requerida, (UNE ISO 55001,2014) con la utilización y uso de las herramientas BIM

Tal como lo afirma ICE, ICES and IAM (2015). El BIM y la gestión deben apoyarse entre sí, en tres escenarios:

- Llevar activos existentes a BIM.
- Desarrollar nuevos activos en BIM.
- Operar y administrar activos existentes y / o nuevos en BIM. Cualquiera sea el escenario, el administrador de activos necesita acceder a la información correcta y oportuna para tomar decisiones, que conduzcan a actividades, incluida la actualización de la información.

La información recopilada y administrada a

través de BIM puede incluir:

- Registro de activos e inventario;
- Datos topográficos sobre los activos, y cantidades derivadas;
- Datos de condición del activo;
- Información de capacidad de los activos
- Desempeño de los activos niveles, tasas de falla, etc;

EL BIM contribuye con la gestión de activos como un habilitador crítico tanto del desempeño deseado de los activos como de la efectividad y optimización de los costos en servicio durante la fase de operación y mantenimiento, por lo que una adecuada estrategia BIM es factible obtener una mejor aproximación de la siguiente información:

- Datos de esperanza de vida de los activos y materiales;
- Descripciones del potencial de intervenciones para mantenimiento o reemplazo de activo y sus costos;
- Historial de activos como mantenimiento, alternancias, renovaciones y reemplazos; y eventos tales como accidentes u otros incidentes.

## Una aproximación de los Beneficios bajo un enfoque integrado BIM – Gestión de Activos

Howell y Batcheler (2005) plantean que los propietarios, accionista y operadores pueden mitigar parte del costo del ciclo de operación y mantenimiento, con los modelos de información de construcción de alta calidad durante el proceso de diseño. El BIM puede permitir que los administradores de activos ingresen al proceso de toma de decisiones en una etapa mucho más temprana, donde pueden influir en la optimización de los costos del mantenimiento y un mayor aprovechamiento y desempeño en la operación. (Azhar et al., 2008)

BIM también apoya el concepto de entrega integrada de proyectos, que es un enfoque novedoso para integrar personas, sistemas y estructuras y prácticas como un proceso colaborativo para reducir los

desperdicio y optimizar la eficiencia en todas las fases del ciclo de vida de los proyecto (Glick y Guggemos 2009)

Adicionalmente, tal como lo afirman ICE, ICES and IAM (2015). Un informe encargado por el Departamento de Negocios, Innovación y Destrezas (BIS) del Reino Unido y la Oficina del Gabinete en el año 2008, sugirió que el uso de BIM:

- Si se extiende a todos los proyectos importantes del Reino Unido, entonces se pueden lograr un ahorro entre £ 1 billón y £ 2.5 billones por año solo en la fase de construcción.
- Existe un valor potencialmente mayor para la gestión de los activos en la fase de servicio posterior a la construcción.
- Los beneficios de la fase en servicio surgirán a través de una mejor gestión continua de la información sobre los activos, no sólo a nivel individual, sino también a nivel de cartera. Un modelo de información de activos más completo permitirá la optimización de los costos de operación y mantenimiento. También facilitará una mejor modelización de la resiliencia de la infraestructura y la identificación de las oportunidades más efectivas para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de carbono.

Más específicamente, los beneficios de un enfoque integrado, de toda la empresa y del ciclo de vida para BIM y Asset Management, incluirán:

- Mayor claridad sobre las expectativas de rendimiento a largo plazo en el servicio y las consecuencias de las decisiones de la etapa de diseño sobre el rendimiento y el costo del ciclo de vida.
- Reducción de los costos de puesta en marcha del proyecto debido a la disponibilidad de una mejor información al comienzo del proyecto.
- Reducción de los costos de construcción y operación como resultado de defectos de construcción reducidos.
- Mejor gestión del ciclo de vida como resultado de una información de construcción y diseño consolidado más fácilmente disponible como una única fuente de datos.
- Costes reducidos del proceso de gestión

derivados de datos incompletos

- Optimización de inventarios de repuestos.

### Los nuevos retos del BIM para ser integrado como soporte a la Gestión de Activos

La productividad y los beneficios económicos de BIM para la industria de AEC son ampliamente reconocidos y cada vez se entienden mejor. Además, la tecnología para implementar BIM está disponible y se puede realizar rápidamente. Sin embargo, la adopción del BIM dentro del sistema de gestión de activo ha sido mucho más lenta de lo esperado (Azhar et al., 2008). Hay dos razones principales, técnicas y de gestión:

Las razones técnicas se pueden clasificar en general en tres categorías (Bernstein y Pittman 2005):

1. La necesidad de modelos de proceso de construcción transaccional bien definidos para eliminar problemas de interoperabilidad de datos,
2. El requisito de que los datos de diseño digital sean computables, y
3. La necesidad de estrategias prácticas bien desarrolladas para el intercambio y la integración resueltos de información significativa entre los componentes del modelo de información de construcción.

Los problemas de gestión se agrupan en torno a la implementación y el uso de BIM. En estos últimos años, empiezan a desarrollarse algunos consenso claro sobre cómo implementar o usar BIM, como parte de estos ya están publicado algunos estándares de los cuales se ha realizado referencia en este escrito, por lo tanto es necesario estandarizar el proceso BIM y definir pautas para su implementación y uso. Otro tema polémico entre los interesados de la industria de la ingeniería, arquitectura y construcción (es decir, propietarios, diseñadores y constructores) es quién debe desarrollar y operar los modelos de información de construcción y cómo deben distribuirse los costos de desarrollo y operativos. Para optimizar el rendimiento de BIM, las empresas o los proveedores, o ambos, deberán encontrar una forma de disminuir la curva de aprendizaje en el uso del BIM (Azhar et al., 2008).

En el pasado, los gerentes de las organizaciones se han involucrado en el proceso de planificación de la construcción (de la instalación o planta industrial) de una manera muy limitada, implementando estrategias de mantenimiento basadas en la condición de la proyecto en el momento en que esta entra en operación. En la actualidad, el modelado BIM puede permitir a los gerentes de las instalaciones entrar en escena en una etapa mucho más temprana, en la que pueden influir en el diseño y la construcción. La naturaleza visual de BIM permite a todas las partes interesadas obtener información importante para la toma de decisiones..

Todo lo anterior nos permite resumir que el BIM se fortalece como herramientas fundamental para la gestión de la información de los activos durante todo el ciclo de vida.

## Conclusiones

La creación de modelos de información está surgiendo como una forma innovadora de diseñar y administrar proyectos virtualmente. La previsibilidad del rendimiento y la operación de las instalaciones, edificio o planta industrial, se mejora enormemente al adoptar BIM. A medida que se incrementa el uso de BIM, la colaboración dentro de los equipos de proyecto debería aumentar, lo que redundará en una mejor rentabilidad, menores costes, una mejor gestión del tiempo. El BIM representa un nuevo paradigma dentro de las áreas de la ingeniería, arquitectura y construcción, este al igual que un sistema de gestión activos, alienta la integración de los roles de todas las partes interesadas dentro de un proyecto. Esta integración tiene el potencial de generar una mayor eficiencia y armonía entre los miembros del equipo de las diferentes áreas de la organización que con demasiada frecuencia en el pasado se veían a sí mismos como adversarios. Como en la mayoría de los cambios de paradigma, sin duda habrá riesgos.

El sistema de gestión de activos bajo los requerimientos de la norma ISO 55001, 2014 continúa siendo un paraguas donde se acogen y convergen diferentes sistemas de gestión, pero también diversas herramientas para potenciar la rentabilidad de los activos durante todo su ciclo de vida de los activos.

Todos estos elementos están estrechamente relacionados con la capacidad de la organización para ofrecer satisfacción a sus clientes y satisfacer las expectativas de sus partes interesadas, al tiempo que protegen la capacidad de la organización para hacer negocios a largo plazo.

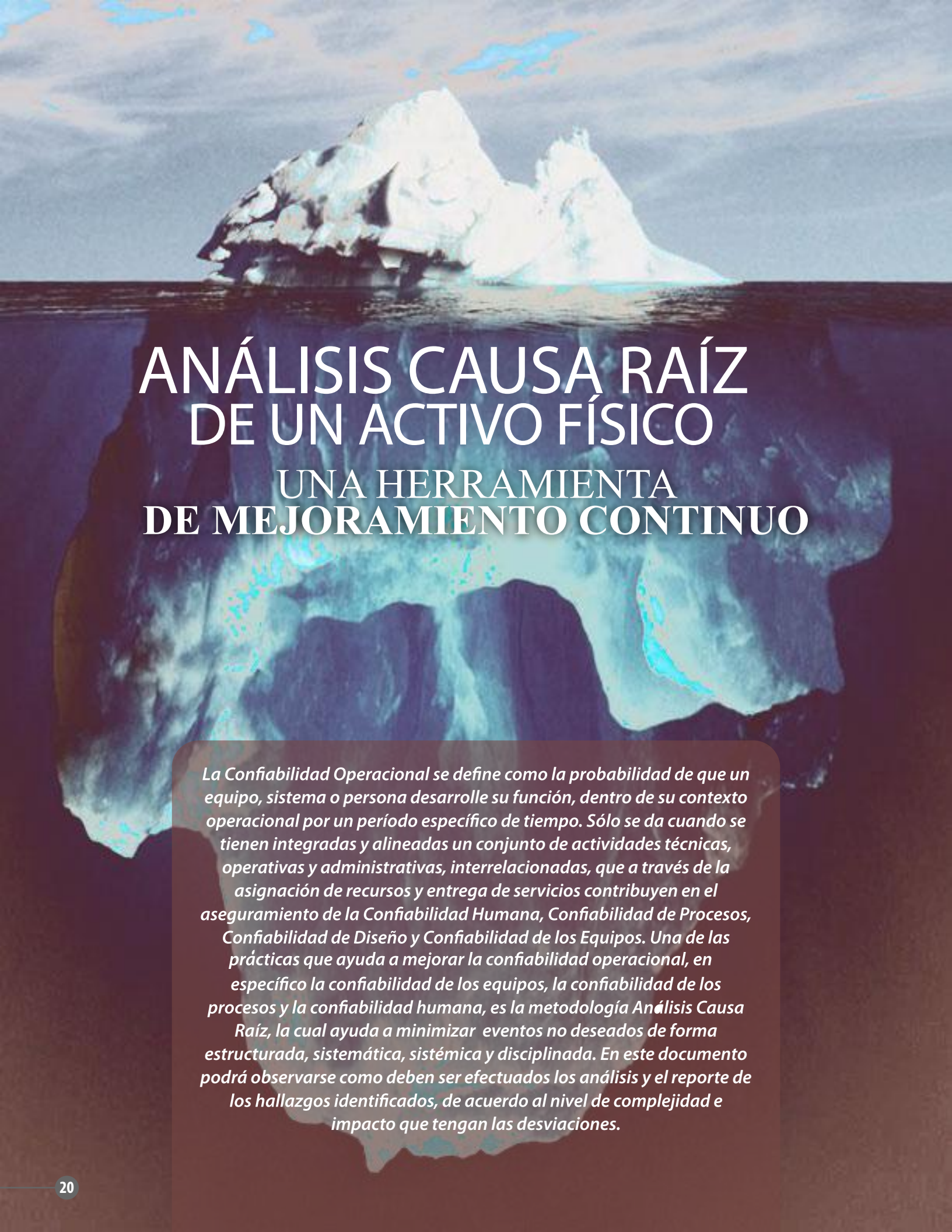
## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Arayici, Yusuf and Aouad, Ghassan. (2015). Building information modelling (BIM) for Construction Lifecycle Management. Research Gate. School of the Built Environment, The University of Salford, Greater Manchester UK.
- 2) Azhar, S., Hein, M and Sketo, B. (2008). "Building Information Modeling: Benefits, Risks and Challenges", Proceedings of the 44th ASC National Conference, Auburn, Alabama, USA.
- 3) Bernstein, P. G., and Pittman, J. H. (2005). "Barriers to the adoption of building information modeling in the building industry." Autodesk Building Solutions Whitepaper Autodesk Inc., San Rafael, CA.
- 4) BSI PAS 1192-2, 2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling, BSI UK
- 5) Campbell, J. D., Jardine, A. K., & McGlynn, J. (Eds.). (2016). Asset management excellence: optimizing equipment life-cycle decisions. CRC Press.
- 6) Ferguson, Charmaine Pearl and Hansen, Niels Erik. (2011). BIM, BAM, BOOM. The life of a Building Information Model. Via University College.
- 7) Hamel, G., & Valikangas, L. (2004). The quest for resilience. Revista Icade. Revista de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales, (62), 355-358.
- 8) Häkkinen T M (2007). Sustainable building related new demands for product information and product model based design, ITcon Vol. 12, pg. 19-37.
- 9) ICE, ICES and IAM, 2015. BIM and Asset Management. ICE Asset Management Group.
- 10) Howell I. and Batcheler B. (2005). "Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential", Some Success and Several Limitations, Laiserin Letter, Issue: 24, 2005
- 11) ISO 55000, 2014. Asset Management. Overview, principles and terminology. The British Standards Institution.
- 12) ISO 55001, 2014. Asset Management. Management systems. Requirements. The British Standards Institution.
- 13) Lemer, A.C. (1998) Progress Toward Integrated Infrastructure-Assets-Management Systems: GIS and Beyond, Innovations in Urban Infrastructure Seminar of the APWA International Public Works Congress, Los Vegas, Nevada, USA, pp. 7-24.
- 14) Kyle, B.R. (2001), "Toward Effective Decision Making for Building Management", APWA International Public Works Congress, Philadelphia, Sep. 2001, NRCC/CPWA/IPWEA Seminar Series "Innovations in Urban Infrastructure",
- 15) Salanova, M. (2009). Organizaciones saludables, organizaciones resilientes. Gestión Práctica de Riesgos Laborales, 58, 18-23.
- 16) Vanier, D.J. (2001) "Why industry needs asset management tools", Special Issue on Information Technology for Life-Cycle Infrastructure Management, Journal of Computers in Civil Engineering, ASCE, pp. 35-43.

AUTOR:

ALEXIS LÁREZ ALCÁZAREZ

alarez39@gmail.com

A large iceberg floats in the ocean. The tip of the iceberg is visible above the water, while the much larger, jagged base is submerged below the surface. The sky is a pale, overcast blue, and the water is a dark, deep blue. The overall scene is somber and evokes the concept of hidden dangers or underlying causes.

# ANÁLISIS CAUSA RAÍZ DE UN ACTIVO FÍSICO

## UNA HERRAMIENTA DE MEJORAMIENTO CONTINUO

*La Confiabilidad Operacional se define como la probabilidad de que un equipo, sistema o persona desarrolle su función, dentro de su contexto operacional por un período específico de tiempo. Sólo se da cuando se tienen integradas y alineadas un conjunto de actividades técnicas, operativas y administrativas, interrelacionadas, que a través de la asignación de recursos y entrega de servicios contribuyen en el aseguramiento de la Confiabilidad Humana, Confiabilidad de Procesos, Confiabilidad de Diseño y Confiabilidad de los Equipos. Una de las prácticas que ayuda a mejorar la confiabilidad operacional, en específico la confiabilidad de los equipos, la confiabilidad de los procesos y la confiabilidad humana, es la metodología Análisis Causa Raíz, la cual ayuda a minimizar eventos no deseados de forma estructurada, sistemática, sistémica y disciplinada. En este documento podrá observarse como deben ser efectuados los análisis y el reporte de los hallazgos identificados, de acuerdo al nivel de complejidad e impacto que tengan las desviaciones.*

En la última década el mantenimiento ha sufrido grandes cambios, dejando de ser visto como un centro de gastos, para convertirse en un sistema integral que fomenta la creación de valor y la generación de utilidades. La función del mantenimiento en cada uno de los niveles de su estructura organizativa debe aportar estrategias de mejoramiento, a partir del diagnóstico y análisis de las oportunidades y la evaluación del impacto del mantenimiento en la empresa.

Al entender la importancia de tener en sus instalaciones un proceso de mejoramiento continuo apoyado en el Análisis Causa Raíz, los beneficios de realizar los análisis de causa raíz en diferentes localidades de una forma sistemática y con criterios homologados pueden ser resumidos como:

- Reducción de la exposición al riesgo (personal, seguridad, operacional).
- Mejora de la eficiencia de los procesos debido a la prevención y eliminación sistemática de las fallas y las probabilidades de ocurrencia de estas.
- Reducción de costos de reparación al ser identificados y corregidos los modos de fallas crónicos.

En este documento se plantea el procedimiento para aplicar el análisis causa raíz en las fallas recurrentes de un activo físico instalado en una planta industrial. En el mismo se puede apreciar el desarrollo sistemático, sistémico y disciplinado del análisis obteniéndose las causas raíces o deficiencias organizacionales que permiten que ocurran fallas humanas y estas originan las fallas de equipos o componentes.

## Definiciones Importantes

**ACR, Análisis Causa Raíz:** Es una metodología disciplinada de tres niveles que permite identificar de forma deductiva e inductiva las causas raíces latentes desconocidas que generan las fallas humanas y estas ocasionan las fallas de los componentes o que generan un

incidente que ocurren una o varias veces permitiendo adoptar las acciones correctivas que reducen los costos del ciclo de vida útil del proceso, mejora la seguridad y las confiabilidad del negocio, permitiendo así cumplir con la norma ISO 55000 / PAS-55 Asset Management.

**Falla Funcional:** Es la terminación de la habilidad de un sistema, equipo parte para realizar una función requerida (ISO 14224).

**Análisis de Falla:** Está orientado a la búsqueda de causas asociadas a equipos o maquinarias. Por ejemplo, el análisis de materiales (esfuerzos, dureza, tracción, microscopia), son los análisis enfocados a ver el por qué ocurrió la falla del material o componente, por lo tanto el análisis de falla forma parte del análisis causa raíz.

**Causa de Falla:** La circunstancia durante el diseño, la manufactura o el uso que conlleva a una falla (ISO 14224).

**Problemas Recurrentes o Crónicos:** Son problemas o fallas que tienen una alta frecuencia o se repiten por lo menos 2 veces por cada 12 meses. Un problema se considera recurrente cuando se repite de una manera inusual para el tipo de equipo o proceso.

**Exposición al Riesgo:** Representa el resultado de la multiplicación de probabilidad por la consecuencia (producción, seguridad, materiales, horas hombres, señalización), típicamente es expresada en términos de \$/año, equivalente al impacto económico que se espera que tenga un problema en el futuro.

**Eventos de alto Impacto (Esporádicos):** Estos se refieren a eventos esporádicos o únicos que resultan en una pérdida de producción importante y/o altos costos de mantenimiento. Los eventos, donde el impacto sea mayor en SHA o llamados catastróficos, requieren la formación de comités especiales de muy alto nivel de especialización.

**Falla de Componente:** La circunstancia

durante el diseño, la manufactura o el uso que conlleva a una falla (ISO 14224), típicamente es la última causa que dispara o genera la falla o el evento. Típicamente esta asociado a un componente, al limitar el análisis causa raíz hasta la falla del componente entonces se llamaría un análisis de falla.

**Falla Humana:** La circunstancia durante el diseño, la manufactura o el uso que conlleva a una falla (ISO 14224), típicamente está relacionada al error humano debido a la intervención inapropiada del ser humano que ocasiona una falla humana debido a un error (descuido, olvido, equivocación) o una violación (rutinaria, situacional, excepcional) y luego esta afecta al componente generando una falla del componente. Al limitar el análisis causa raíz hasta la falla humana se llamaría una cacería de brujas para la búsqueda de culpables según la norma HSE HSG48, el error es una acción o decisión no intencional, la cual involucra una desviación del estándar aceptado y genera una salida no deseada.

**Causa Raíz:** La circunstancia durante el diseño, la manufactura o el uso que conlleva a una falla (ISO 14224), típicamente está relacionada a las deficiencias, debilidades u oportunidades que tienen en una organización, un proceso, que conlleva o permite que la inapropiada acción del ser humano que ocasiona una falla humana y luego genera un efecto en un componente que se representa en una falla de un componente. Sólo la erradicación de las causas raíces garantizará que la falla humana y la falla del componente no se repitan en el equipo estudiado o en uno similar. Se basa en que el origen de todos los problemas son las decisiones u omisiones del personal supervisor o de la gerencia. Ej: La consideración de riesgo, ausencia de adiestramiento, incumplimiento prácticas, procedimientos inadecuados, GDC (gerencia del cambio) no realizado o incompleto (falta de actualización de la información), entre otros.

**Modo de Falla:** Es la apariencia, manera o

forma como un componente de un sistema se manifiesta por si misma. No debe ser confundido con la causa de la falla, ya que la primera es el efecto y la segunda es la causa del evento de falla. Es la manera observada de falla (ISO 14224) los modos de falla pueden ser definidos para todos los niveles de un sistema y la jerarquía de ensamblado.

**Árbol Lógico (Logic Tree):** Es una herramienta usada en el proceso del ACR para ordenar gráficamente el análisis, la secuencia lógica del como se relacionan cada una de las causa raíces, fallas humanas, fallas de los componentes, los modos como evidencia de la falla y el evento tope que afecta al negocio. El tope del árbol es el evento y su(s) modo(s) como se hace evidente(s) lo ocurrido, se establece la relación entre las fallas de los componentes, las fallas humanas y las causas raíces a través de las siguientes preguntas. ¿Cómo se puede dar? ¿Cómo puede ser? ¿Qué factores conlleva? El árbol lógico también permite hacer la representación lógica de forma inductiva y al combinarla con la lógica booleana permite calcular la confiabilidad de los sistemas representados. En muchos casos las causas son condicionadas a través de compuertas lógicas.

**Hipótesis:** Es una conjetura o suposición que se admite provisionalmente para ser verificada o validada, y si el resultado es verdadero, esta se convierte en una causa. Si el resultado no es verdadero, simplemente es desechada la conjetura.

**¿Que es Gestión de Activos?** Según ISO 55000 se define como: "Actividades coordinadas de una organización para obtener valor de sus activos". Según la PAS 55-1:2008 se define como: "Actividades y prácticas coordinadas y sistemáticas a través de las cuales una organización maneja óptima y sustentablemente sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgos y gastos asociados, a lo largo de sus ciclos de vida con el propósito de lograr su plan estratégico organizacional".

## ¿Cuáles son los problemas que deben analizar?

Los problemas o fallas sujetos a la aplicación de esta metodología están asociados a los denominados problemas crónicos, los cuales se definen como rutinarios en su naturaleza, que parecieran ocurrir una y otra vez y por las mismas razones aparentes. El problema es que las causas reales del problema nunca han sido analizadas y corregidas.

El primer paso es generar una lista de los problemas crónicos encontrados en el trabajo (Malos Actores). Cada vez que se encuentra un problema, se debería tomar nota del mismo. A medida que se realiza esto, determine si el problema tendrá un impacto pequeño o grande si se soluciona. Además, determine si la resolución del problema requerirá un esfuerzo grande o pequeño.

De esta forma se puede representar el impacto y el esfuerzo utilizando una escala de uno, cinco y diez puntos, siendo uno un impacto bajo y fácil de resolver, y diez representando un impacto alto y relativamente difícil de resolver.

Utilizando esta escala para mostrar impacto y esfuerzo, es fácil ver donde concentrar los esfuerzos y los recursos de análisis.

Una vez generada una lista de problemas, es necesario priorizar la lista a través del desarrollo de una matriz de prioridades de tres por tres, tal como se muestra en la figura 1.

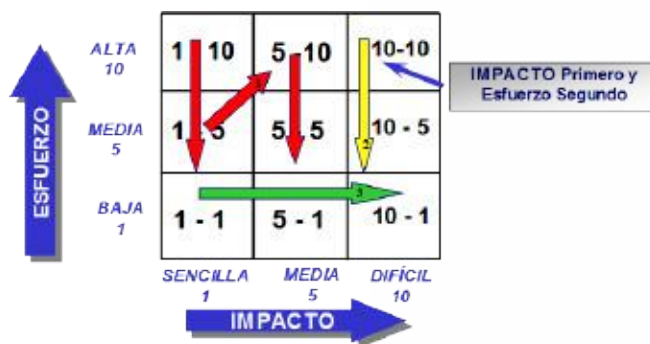


Figura 1. Matriz de prioridades.

Fuente: Manuales de adiestramiento de TWPL

Al asignar Impacto y Esfuerzo a los problemas en la matriz, la técnica correcta es la de asignar el impacto primero y después el esfuerzo para resolverlo. El uso de la matriz de prioridades mejorará significativamente la capacidad para eliminar aquellos problemas crónicos que impiden el logro de los niveles deseados de éxito, por tal razón se debe comenzar a resolver los problemas de alto impacto económico y bajo esfuerzo para resolverlo, es una manera de vencer la inercia del proceso y comenzar a ver beneficios en el corto plazo, además de resultar en un punto de apoyo para luego atacar aquellos problemas que requieran de mayores esfuerzos para solucionarse.

## ¿Quiénes deben desarrollar el Proceso de Análisis Causa Raíz (ACR)?

El equipo típico de ACR debe estar conformado por un líder de equipo, un facilitador, personal de operaciones, ingeniero de procesos, personal de mantenimiento y personal experto en la materia de análisis, esto en caso de análisis de problemas en un entorno industrial. En general debe involucrarse todo aquel personal que pueda contribuir con su experiencia y conocimiento del caso particular.

Los miembros del equipo deben ser imparciales y necesitan estar enfocados en hallar la(s) causa(s) raíz(s) asociadas a la organización. Se recomienda un equipo de entre 5 a 7 personas. De forma general los integrantes del equipo ACR deben estar comprometidos con el hallazgo de la verdadera solución de los problemas y evitar enfocarse en buscar culpables, un error que frecuentemente contamina este tipo de iniciativas. El facilitador del proceso ACR no necesariamente debe ser un experto en el tema analizado, pero si debe conocer a cabalidad el procedimiento sistemático de análisis, una figura que debe regular las sesiones de trabajo y cohesionar al grupo de análisis.



### Aplicación del Análisis Causa Raíz.

El análisis de causa raíz (ACR) es una metodología disciplinada, estructurada de identificación para la eliminación de las causas raíces desconocidas, que típicamente aceptan que la intervención humana pueda ocurrir o que genere cualquier tipo de evento, falla en los componentes, accidentes, incidentes una o varias veces en el tiempo. El mismo permite:

- Identificar de forma estructurada las intervenciones humanas más comunes indicando cuales serian sus efectos en el negocio.
- Identificar las causas raíces de las intervenciones humanas para eliminarlas de fondo con un plan de acción concreto y justificado.
- Identificar las causas raíces que se deberán eliminar de forma sistemática.
- Establecer las soluciones y definir responsabilidades.
- Definir un plan de acción y cronograma de ejecución.
- Trabaja a partir de un hecho (algo que ya ocurrió) y se aplica a todo tipo de proceso (industrial, administrativo, medicina, salud, investigación y desarrollo).
- Permite representar de forma estructurada los tres niveles de causas directas, intermedias e indirectas acorde a la OSHA 1910.119.

El método está estructurado en cuatro pasos, que son:

#### PASO 1/4:

#### PREPARANDO EL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ.

##### Análisis Funcional.

Es el pilar fundamental para el desarrollo de un diagnóstico estructurado, que define la condición actual y la deseada en los procesos o sistemas, son los diagramas de entradas – funciones - salidas combinadas con los diagramas de flujo funcionales, dado que este les permite:

- Establecer las condiciones normales de operación o funcionamiento para alinear las actividades a los objetivos estratégicos a lograr. (¿Cuál es la Función Principal?)
- Visualizar en forma rápida la vinculación de los procesos o sistemas.
- Relacionar los procesos o sistemas con el cumplimiento de la producción.
- Establecer las condiciones normales de la operación o el correcto funcionamiento del negocio.

##### Diagrama Entrada – Función – Salida.

Es una explicación visual de cómo el proceso fluye y se conecta. Contiene una secuencia de funciones primarias y/o secundarias que convierten entradas de insumos y servicios en salidas de productos primarios o servicios para un cliente específico interno o externo. El mismo permite visualizar:

- 1.- Cuáles son los compromisos cuantitativos de las entradas y de las salidas.
- 2.- Asociar las variables cuantitativas con sus valores de entrada y salida por cada sistema o proceso para alinear los objetivos.
- 3.- Producción o servicios principales y secundarios comprometidos en una relación cliente – servidor.

Está orientado al desarrollo de los diagramas de flujos funcionales, sencillos, sistemáticos y cuantitativos, donde se muestre la secuencia de los procesos con sus niveles normales de operación, para que los mismos sirvan de guía al personal y de documento base para análisis y actualizaciones posteriores.

##### Identificación de Oportunidades – Cuantificación del Evento.

Para evaluar las oportunidades es necesario definir la función deseada de los procesos como fuentes de generación de valor del negocio, así como las condiciones de pérdida de dicho valor. Para realizar esta evaluación se debe alinear con el modelo avanzado de valor del activo, el cual se muestra a continuación:



Definimos como una oportunidad una situación que, de evitarse, generaría valor al negocio, expresada en la forma de disminución de gastos y costos, aumento de producción, más eficiencia, menos problemas de calidad, entre otros.

Esta metodología, otorga la oportunidad de reconocer de manera real, objetiva y en consenso las pérdidas asociadas a eventos repetitivos y/o esporádicos que están afectando al negocio, y que a su vez pueden representar una recuperación de valor.

La misma, permite de igual forma, que todos reconozcan donde se encuentran las pérdidas y cuantifiquen su valor o impacto, definiendo parte del paso inicial para el establecimiento de estrategias de mejoramiento y control.

#### **PASO 2/4: LEVANTANDO LA INFORMACIÓN. TÉCNICA LÍNEA – TIEMPO.**

La secuencia de eventos representada con la línea – tiempo nos ayuda a:

- Construir una lógica básica de la secuencia

de lo que ocurrió y qué actores físicos o elementos participan y contribuyen.

- Establecer de forma más exacta la relación de cuándo ocurrió con su hora, fecha, turno, secuencia, entre otros.
- Identificar y clasificar el lugar dónde ocurrió, su ubicación funcional, entre otros.
- Ubicar a las personas quienes nos podrían aportar una mejor información o ser parte del cerebro entero de forma temporal o continua.
- Comenzar a establecer una opinión individual desconectado de la parcela, y apoyándose en la secuencia lógica.

La secuencia de eventos va a depender de la información clave que aportará el cerebro entero en otras palabras el equipo de trabajo.

#### **PASO 3/4: UBICANDO LA LÓGICA DEDUCTIVA.**

En este paso el desarrollo del árbol lógico deductivo nos permite:

- Representar de forma gráfica, sistémica, estructurada y sistemática la lógica de lo ocurrido.

- Identificar el evento y los modos ocurridos.
- Identificar las hipótesis y verificarla para descartarla o convertirlas en causas.
- Identificar los niveles de las fallas de los elementos y/o componentes también llamadas causas directas.
- Identificar los niveles de las fallas humanas o causas intermedias de origen fallas humanas.
- Identificar los niveles de las causas raíces que representan las (deficiencias del sistema – organización)

Los componentes del árbol lógico deductivo son:

### **Evento**

Es el último elemento en la secuencia de la línea – tiempo, y es aquello que nos justifica económicamente que se debe eliminar, ya que este evento afecta el negocio.

### **Evidencias Deductivas**

- Es la forma como el sistema hace un llamado de que algo anda mal y pueden ser varios.
- Es como se evidencia, antes de incumplir la función o la condición satisfactoria del negocio, como cuando ocurre un accidente, incidente, fuga, ausencia de la información, entre otros.

### **Hipótesis**

- Se plantean a partir de la pregunta “cómo se puede dar”, o “cómo puede ser” esto permitirá ver de forma amplia cuáles son las posibles causas o factores causales.
- Cada hipótesis planteada se deberá validar con lo descrito en la línea – tiempo.
- Cada hipótesis tiene una posibilidad de darse respecto a un 100% y respecto a las otras, es aquí donde se le asigna el peso conectándose a su parcela o bajo previo acuerdo del equipo de trabajo. El peso también puede ser asignado a través de la siguiente pregunta ¿Qué peso piensan ustedes tendrán sus causas en el futuro si las cosas siguen igual que ahora?

### **Matriz de verificación de las hipótesis**

- Permite verificar cada una de las hipótesis o de los factores causales para convertirlas en fallas de componentes, fallas humanas y en las causas raíces.
- Cada hipótesis planteada se deberá validar con datos verdaderos, y al validar las hipótesis se ubicarán los caminos a seguir de la lógica donde se le colocarán los pesos reales o verdaderos.

### **Falla de Componentes**

- Son típicamente representadas por elementos, componentes, partes que al reemplazarlos se elimina de forma temporal el problema.
- Al eliminar las fallas de los componentes y/o partes estas son las causas directas se da un resultado inmediato a nivel operativo, pero no es la causa raíz.

### **Falla Humanas**

- Son aquellas causas donde interviene el ser humano o las personas, estas generan el efecto de la causa directa o de otra indirecta, típicamente está asociado al error humano.
- Al eliminar las fallas humanas que son las causas Intermedias, al cambiar a las personas o al despedirlas no se elimina el problema de fondo, sólo se hace un movimiento a nivel táctico ya que esta no es la causa raíz.

### **Causa Raíz**

- Son aquellas causas raíces donde el sistema y/o la organización permite que existan fallas humanas y estas generan fallas en los componentes, típicamente estas causas raíces están asociadas a las deficiencias latentes de la organización.
- Al eliminar las causas raíces, el sistema y la organización se hacen más robusta, el cambio se logra a niveles estratégicos y logran ser sustentables, ya que es la verdadera causa raíz.

**PASO 4/4:  
Conclusiones y Recomendaciones /  
Solucionando y Comunicando.**

Se establece la matriz de acción para eliminar las causas raíces latentes que permiten las fallas humanas que generan las fallas de componentes, y la misma contempla:

Se deberá hacer un recorrido desde abajo hacia arriba comenzando desde las causas raíces (las deficiencias de la organización) luego se pasará por los errores humanos o las fallas humanas luego de esta se pasará por las fallas de los componentes o causas directas, se pasarán por los modos ocurridos y por último se llegará al evento.

Se deberá hacer un recorrido calculando el % o acumulando el valor colocado en cada causa identificada desde abajo hacia arriba.

Se deberá especificar las acciones que garanticen la eliminación de cada causa identificada.

Debemos identificar las causas raíces de los errores humanos para no buscar culpables o estar cambiando componentes cada vez que se presente la falla.

La acción recomendada para eliminar la rama deberá ser específica en su tarea, establecer paso a paso que hacer, deberá garantizar que eliminará de forma definitiva cada causa identificada.

Se deberá colocar el valor o el costo de cada acción recomendada, se especificará el costo de producción, materiales, horas hombre y estudio, se deberá totalizar los costos por cada acción recomendada.

Se deberá colocar quien es el responsable (nombre y apellido y el departamento donde labora para cada acción recomendada), evitar colocar nombre de departamentos o nombres de gerencia, involucrar a la persona antes de colocarlo responsable de la acción.

El responsable para cada acción recomendada deberá establecer una fecha de inicio y de culminación de cada actividad. Se puede colocar una fecha de seguimiento.

El responsable con el equipo de trabajo deberá calcular para cada acción recomendada la tasa interna de retorno o el valor presente neto, para determinar cuál es la alternativa más efectiva para el negocio, así como se debe conocer en cuánto tiempo se recupera el dinero invertido en la acción.

### **Logrando que funcione**

Las personas normalmente tienen buenas intenciones en términos de la implementación de un plan de acción. Sin embargo, después del desarrollo del plan y de que los participantes vuelven a sus ambientes de trabajo, tienden a entrar en la "rutina" reactiva. Parece que los "problemas del día a día" siempre toman prioridad sobre cualquier trabajo relacionado con mejorar. Los analistas siguen postergando las actividades proactivas, dejándolas al costado, pensando que los trabajos proactivos pueden esperar; pero ¿realmente pueden esperar?

"Parece que nunca tenemos el tiempo y el presupuesto para hacer las cosas correctamente, sin embargo, parece que siempre tenemos el tiempo y el dinero para hacerlo otra vez".

Se debe pensar en la cantidad de nuestro tiempo y de nuestros recursos dedicados a la reparación o la atención de problemas repetitivos. Internacionalmente se ha demostrado que un 80% del tiempo, las personas están involucradas en trabajos reactivos. Solamente un 20% de su rutina diaria tiene la mirada hacia el futuro.

Por esto, debemos hacer algo diferente si el trabajo reactivo es la norma en el trabajo. Primero se debe lograr que las mejoras o los trabajos proactivos tengan una prioridad igual a la de los trabajos reactivos dentro de los sistemas actuales de trabajo.

La clave real está soportada en estar convencidos que el éxito apunta hacia la solución proactiva de los problemas, en identificar un “Campeón” que es una persona de alto nivel que patrocine y apoye las iniciativas y análisis que se realicen, así como en publicar y celebrar los éxitos que se obtengan.

### Conclusiones

Cabe mencionar que ningún sistema de gestión de activos busca cambiar el paradigma tradicional de las organizaciones de mantenimiento con un enfoque correctivo a proactiva. El objetivo de un sistema de gestión de activos es prevenir los fallos inesperados que interrumpen las operaciones, provocando pérdidas con costos significativos, daños, y desgracias. Con este fin, el sistema puede metódicamente y de manera disciplinada controlar y medir el estado de los activos tangibles, lo que implicaría que las reparaciones y los recambios se hiciesen de forma planificada.

Las fallas siempre tendrán una influencia humana así como en sus resultados indeseables. Debemos saber que el origen de una falla, normalmente, está en los sistemas organizativos deficientes. Como ejemplos de sistemas organizativos podemos incluir nuestros sistemas de capacitación, procedimientos, prácticas, sistemas de aprovisionamiento y similares. Por lo general, los métodos efectivos y herramientas como el Análisis Causa Raíz (ACR) se utilizan para determinar las causas de la falla de origen físico y humano.

**“Es hora de hacer algo diferente y realmente tomar conciencia corporativa en cuanto a las prioridades de nuestras acciones”.**

### REFERENCIAS

- (1) ISO - 55000 Asset Management — Overview, Principles and Terminology, 2014
- (2) Robert Latino, Kenneth Latino, Mark Latino. Root Cause Analysis (Improving Performance for Bottom-Line Results). Reliability Center, Inc. Cuarta Edición. 2011.
- (3) Edgar Fuenmayor. Análisis Causa Raíz. Revista Confiabilidad Industrial N° 12. Venezuela. 2012. [www.confiabilidad.com.ve](http://www.confiabilidad.com.ve)
- (4) Luis Amándola. Gestión Integral de Activos Físicos. PMM Institute for Learning España. 2011.
- (5) Amendola. L. La madurez como factor de éxito en la Gestión Integral de Activos Físicos, Asset Management PAS 55. 2011. [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)
- (6) Amendola. L. ¿Cuándo saber que tu planta & organización requieren un Assessment?, Gerencia de Activos Físicos “PMM Metodología + PAS 55. 2010. [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)
- (7) John Woodhouse y Luis Sojo. Curso de Adiestramiento Análisis Causa Raíz Plus. THE WOODHOUSE PARTNERSHIP LIMITED. 2008.
- (8) John Woodhouse, José Duran y Luis Sojo. Curso de Adiestramiento Identificación de Oportunidades del Negocio. THE WOODHOUSE PARTNERSHIP LIMITED. 2008.
- (9) John Woodhouse y Luis Sojo. Curso de Adiestramiento Gestión de la Confiabilidad Operacional THE WOODHOUSE PARTNERSHIP LIMITED. 2008.
- (10) British Standards Institution. (BSi) PAS 55:2008, Gestión de Activos Parte1, ISBN: 978-0-9563934-0-1.
- (11) British Standards Institution. (BSi) PAS 55:2008, Gestión de Activos Parte 2, ISBN: 978-0-9563934-2-5.

AUTOR:  
**EDGAR FUENMAYOR**  
Ing. MSc. CMRP  
[edgarfuenmayor1@gmail.com](mailto:edgarfuenmayor1@gmail.com)



Un espacio 

---

  
para compartir  
**conocimiento**



# LIBROS, APORTES Y AUTORES EN MANTENIMIENTO

*Varios autores hispanoamericanos han lanzado en el 2017 libros y textos sobre mantenimiento y gestión de activos que sin dudas ilustrarán ampliamente a toda una nueva generación de jóvenes ingenieros. Acá un resumen de estos interesantes aportes a la literatura especializada del Asset Management.*

El año 2017 resultó muy prolífico para el mantenimiento industrial y el asset management. Varios autores, todos ingenieros de larga trayectoria y sólida reputación profesional, han dejado para la posteridad varias obras y escritos, que sin duda allanarán el camino de la generación de ingenieros de relevo. Acá mostramos un resumen de las obras que nos hicieron llegar hasta nuestra redacción.

## SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO EN MANTENIMIENTO BASADOS EN INDICADORES DE GESTIÓN

Escrito por José Contreras, este libro proporciona información sobre la importancia de contar con un sistema de medición del desempeño mediante el cual se formalice un sistema de control de gestión para mantenimiento, de modo que cada persona involucrada comprenda la importancia y el impacto que tiene la función que realiza en los resultados globales de la compañía. La obra está estructurada en ocho capítulos que describen

los aspectos necesarios para desarrollar un sistema de medición del desempeño para mantenimiento. Los primeros capítulos describen los fundamentos del desempeño y sus sistemas de medición, especialmente los concernientes a la gestión del mantenimiento. Se destaca la importancia de la herramienta de gestión "Balanced Scorecard" y su aplicación particular al mantenimiento. Se describe el proceso de medición del desempeño en mantenimiento basado en los objetivos estratégicos, el ciclo de mantenimiento y los resultados de la gestión. En los capítulos intermedios se analiza los indicadores técnicos fundamentales, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Por su importancia y universalidad, se dedica un capítulo exclusivamente al indicador OEE y se analiza la relación e influencia del mantenimiento sobre su resultado. Los capítulos finales describen la estructura de los sistemas de indicadores para mantenimiento con mayor difusión y aceptación en el mundo, el sistema de la SMRP y el sistema de la EFNMS, que constituyen la referencia principal para el desarrollo del modelo de un sistema de indicadores de gestión para mantenimiento que se basa en la definición de los indicadores para los distintos niveles jerárquicos y diferentes funciones y procesos comunes en todo departamento de

mantenimiento. Con este modelo se logra una evaluación integral de los aspectos más importantes en todos los niveles de la organización y muestra la relación existente entre los distintos indicadores para entender el comportamiento global del sistema de mantenimiento y así alinear los objetivos departamentales con los objetivos estratégicos.



**JOSÉ  
CONTRERAS  
MÁRQUEZ**

Ingeniero Aeronáutico, Especialista en Gerencia de Proyectos y Magister en Ingeniería Mecánica, ha obtenido su experiencia profesional durante más de 30 años compartiendo labores como profesor universitario a nivel de pregrado y posgrado y desempeñando funciones como propietario y asesor en industrias manufactureras en los sectores metalmecánico y plásticos. Actualmente dedica la mayor parte de su tiempo a la investigación en temas relacionados con la eficiencia de la Gestión del Mantenimiento, particularmente en el campo de la optimización de inventarios MRO, la planificación y programación de actividades de mantenimiento, la gestión de proyectos de mantenimiento y el desarrollo de sistemas de indicadores de gestión para mantenimiento.

Es instructor y consultor para Latinoamérica de la American Society of Mechanical Engineers (ASME) e INGEMAN ([www.ingeman.net](http://www.ingeman.net)).

## HERRAMIENTAS DE LA CONFIABILIDAD ALIENADAS A LA GESTIÓN DE ACTIVOS ISO 55000

Escrito por Alexis Lárez Alcázar, María Teresa Romero Barrios y Robinson Medina Núñez, esta

obra versa sobre la experiencia de sus autores en la implementación de herramientas de confiabilidad en la industria, mostrando un enfoque práctico desde la perspectiva de un modelo de gestión, tal como se describe en la serie de normas ISO 55000. El texto plantea un recorrido por los beneficios de la implementación de herramientas de confiabilidad, desde la etapa del diseño, el impacto de la confiabilidad durante el ciclo de vida de los activos, para luego desarrollar la jerarquía taxonómica y el análisis de criticidad como herramienta para establecer la importancia de los equipos dentro de los sistemas. Se desarrollan dos herramientas de optimización del mantenimiento como lo son el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) y la Inspección Basada en Riesgos (IBR). Adicionalmente se desarrolla el proceso para la implementación del Análisis Causa Raíz (ACR) como herramienta para eliminar las fallas recurrentes y esporádicas de alto impacto, para terminar con el estudio de los conceptos de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad como herramienta para la toma de decisiones en función la información “datos” disponible “Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad”.

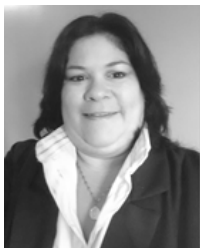


**ALEXIS  
LÁREZ**

[alarez@enovalevante.es](mailto:alarez@enovalevante.es), Director de empresa, Docente Universitario, autor, conferencista internacional y consultor senior en el diagnóstico e implementación de buenas prácticas relacionada con la Gestión de Activos (ISO 55000), el mantenimiento y la confiabilidad. Ingeniero Mecánico, con Postgrado en Gestión de Activos y Confiabilidad, Master en Gestión y Dirección de Proyectos, Master en Habilidades Directivas. Certificado en Mantenimiento y Confiabilidad



(CMRP), es Proctor aprobado SMRPCO (USA) y Auditor de Sistemas de Gestión (Activos ISO 55001 e Calidad ISO 9001).



**MARÍA  
TERESA  
ROMERO  
BARRIOS**

[romeromariatr@gmail.com](mailto:romeromariatr@gmail.com), es Ingeniero Mecánico con Magister de Especialización en Confiabilidad de Sistemas Industriales. Experiencia como coordinador y especialista de Ingeniería de Confiabilidad; gerencia, liderazgo, adiestramiento y desarrollo de proyectos con la finalidad de mejorar el mantenimiento y las estrategias de gerencia de activos en industrias a nivel internacional con más de 10 años de experiencia.

Ha sido una de nuestras más consecuentes colaboradoras en Predictiva21 y una de las personalidades más queridas de entrevistar.



**ROBINSON  
MEDINA  
NUNEZ**

[Robinson.medina@assetconsultingca.com](mailto:Robinson.medina@assetconsultingca.com), es Ingeniero Mecánico, con Postgrado en Gestión de Activos y Confiabilidad, Master en Gestión de Confiabilidad y riesgo. Cuenta con 26 años de experiencia en el área de la Consultoría como especialista en Gestión de activos, confiabilidad, integridad mecánica y riesgos. Es autor de numerosas documentos técnicos en el área de Gestión de Activo. Certificado en Mantenimiento y Confiabilidad (CMRP), posee múltiples habilidades para la gestión de los procesos en la industria en los diferentes niveles de la organización estratégico, táctico y operativo.

## MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Bajo la autoría de Víctor Barrientos, esta obra se propone dar a conocer algunos estudios relacionados con la gestión del mantenimiento de flotas de equipos en minas a cielo abierto. Según el autor, el contenido de este trabajo puede ser usado por ingenieros de planificación, de mantenimiento y confiabilidad, como una herramienta de apoyo a sus análisis y toma de decisiones asociadas al mantenimiento y gestión de activos físicos; todo ello con miras a alcanzar la excelencia en los procesos de mantenimiento, que requiere de los líderes de la organización la profunda convicción de que una buena gestión del mantenimiento es una herramienta poderosa para el aumento de los márgenes de utilidad de la empresa.

Este libro está dividido en seis capítulos que abordan distintas temáticas de mantenimiento, incluyendo casos aplicados a distintas faenas mineras en Chile.

Desarrollado a lo largo de dos años, el libro corresponde a la recopilación de los distintos estudios expuestos en los últimos nueve años en conferencias como MANTEMIN 2009; 2011; 2013; 2014; 2015 y MINEXCELLENCE 2017 organizadas por la empresa Gecamin en Chile ([www.gecamin.cl](http://www.gecamin.cl)), a la cual agradezco su autorización para presentar estos trabajos en el presente libro. Liderar el cambio, Innovación operacional en neumáticos mineros, costo de falta en palas y camiones mineros, externalización del mantenimiento, reemplazo de equipos y alternativas para el reemplazo de equipos son los seis capítulos que compone la obra, que sin duda será de gran ayuda para los profesionales del ramo.

El mantenimiento de equipos es un área de la empresa que tiene alta exposición a riesgos asociados a caídas, aplastamientos y atrapamientos, además de ser una actividad que genera residuos como lubricantes y

neumáticos usados. Dada las mayores exigencias legales que se han ido incorporando todos estos años a los procesos productivos, y los crecientes grupos de interés (stakeholder) que rodean a la producción minera, se desprende el hecho de que la seguridad laboral, las condiciones de trabajo y los efectos ambientales de las actividades empresariales son observadas por la ciudadanía atentamente. Lo anterior hace que estos aspectos tengan una importancia nunca antes vista en las tareas de mantenimiento.



**VICTOR  
BARRIENTOS**

Magister en Ingeniería Industrial, PUCV (E), Magister en Gestión de Activos y Mantenimiento, UTFSM, Experto en Prevención de Riesgos de la Industria Extractiva Minera, SERNAGEOMIN, Ingeniero Civil Mecánico, UCh. Durante su desarrollo profesional ha participado en la creación del área de mantenimiento mina en proyectos mineros nuevos y en su adaptación a la etapa de producción; además ha realizado la gestión de contratos de mantenimiento tipo MARC (Maintenance And Repair Contract) y LPP (Labour Plus Part) con proveedores como Komatsu y Caterpillar; la elaboración del presupuestos anuales para variadas operaciones mineras; la planificación de los procesos de mantenimiento y gestión de reparación de componentes, además de participar como líder de proyectos para el descubrimiento e implementación de innovaciones operacionales. Desde el año 2008 a la fecha ha participado periódicamente en las conferencias de MAPLA/MANTEMIN y a contar del año 2012 ha sido invitado a participar en su comité técnico.

## Reingeniería del

## Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM-R®): el nuevo libro de Jesús Sifontes y Jaime Reyes-Picknell

El 2017 fue un año prolífico en producción de material de estudio, literatura especializada y libros de colección por parte de la comunidad de mantenedores en Hispanoamérica. Recientemente, el portal Amazon.com tiene en su enorme oferta de libros un nuevo texto: Reingeniería del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM-R®). Se trata del nuevo libro de Jesús Sifontes y Jaime Reyes-Picknell, que aborda el RCM desde varios e interesantes puntos de vista.

Para la realización de esta obra, los autores abordaron la temática del RCM-R® partiendo de la definición básica de este: un proceso usado para determinar qué se debe hacer para mantener los activos haciendo lo que sus operadores quieren que hagan en su contexto operacional actual. Se trata de proceso optimizado para la formulación de políticas de gestión de consecuencias de fallas en activos y procesos, que consta de cinco pilares: integridad de datos, RCM según la norma SAE JA1011, análisis RAM, análisis Weibull y mejoramiento continuo. El RCM-R® ha sido aplicado de forma experimental y oficial desde hace 8 años, y ha sido objeto de varias mejoras por parte de un grupo de profesionales desde el 2009. En sus orígenes, fue desarrollado como resultado de un proyecto de tesis de grado de maestría en Ingeniería de Confiabilidad, MMRE (Master of Maintenance and Reliability Engineering). La investigación de los resultados de proyectos de RCM reveló los principales motivos por los que falla su implementación: No se aborda con equipos multidisciplinarios, Causa Deficiente en el Modo de Falla, Poco Conocimiento de las Técnicas de MC (Monitoreo

de Condición), Falta de Entrenamiento en el Proceso de RCM, Cálculo de Frecuencia de Tareas Periódicas sin fundamentos técnicos, etc. El RCM-R<sup>®</sup> capitaliza todo esto, por lo cual la obra de Sifontes y Reyes-Picknell tiene una gran importancia, ya que ofrece un compendio de todos los aspectos del RCM y su aplicabilidad e importancia en la industria del mantenimiento.

Aspectos como Análisis de Criticidad de Activos, Integridad de datos, Funciones y Fallas, o Implementación y Sustentabilidad son tratados de forma sucinta en este libro, que puede ser adquirido en:

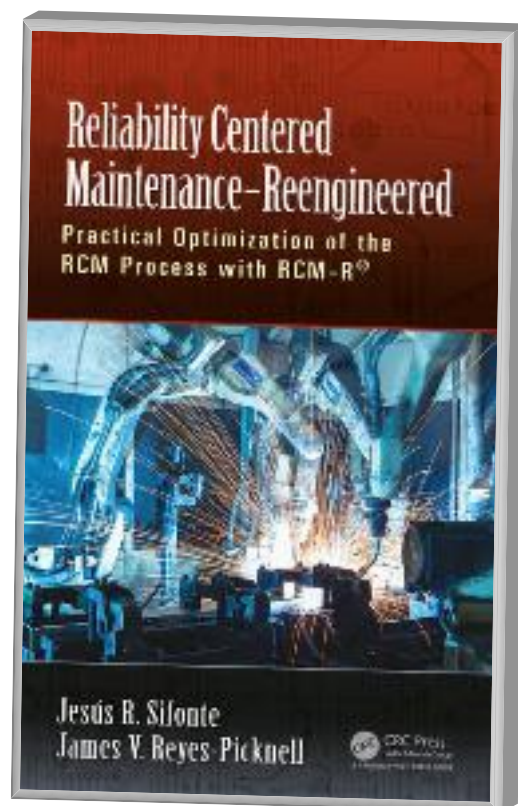
<https://www.amazon.com/Reliability-Centered-Maintenance-Reengineered-Optimization> y que fue publicada por Taylor and Francis (ver el link:

<https://www.crcpress.com/Reliability-Centered-Maintenance-Reengineered-Practical-Optimization/Sifonte-Reyes-Picknell/p/book/9781498785174>

Esta obra, además, es actualmente utilizado como material didáctico en el MBA de PMM learning de España y como apoyo en las clases de RCM-R<sup>®</sup> Basic, Advanced y Facilitators de Conscious Reliability:

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

Según sus autores, el RCM-R<sup>®</sup> es un proceso muy efectivo para determinar tareas de mantenimiento para activos físicos críticos, particularmente cuando es aplicado en la fase de mantenimiento y operación de su ciclo de vida. Por lo tanto, la integridad de los datos a nivel de tarea, es un requisito para lograr la confiabilidad óptima de los activos como resultado de una evaluación de RCM-R<sup>®</sup>. RCM según SAE JA1011, Funciones y Fallas; Describiendo y Evaluando los Efectos de Fallas, o RCM-R<sup>®</sup> Consecuencias y Estrategias son los capítulos en los cuales se divide este libro, que sin duda ya sea convertido en referencia bibliográfica obligatoria para los profesionales del ramo.



*Esta obra puede ser adquirida en Amazon.com*



# CIFMers LATAM 2017

## CONSOLIDA A BUENOS AIRES COMO REFERENTE EN EL SECTOR DEL FACILITY MANAGEMENT

*Argentina vive un momento de crecimiento muy fuerte en el sector del Facility Management y este hecho se ha constatado en CIFMers LATAM 2017 tras el gran interés y participación de los asistentes.*

La Fundación Universidad de Belgrano en Buenos Aires (Argentina), acogió del 28 al 30 de noviembre la segunda edición de CIFMers LATAM, el Congreso Internacional de Facility Managers. El evento, celebrado por segundo año en Latinoamérica, ha reunido a expertos mundiales del sector y ha servido de plataforma de comunicación entre Facility Managers, proveedores y asociaciones.

El primer día del congreso fue dedicado al área de Servicios y Energía, en el que la Directora General de Relocalizaciones y Gestión Integral de Edificios Gubernamentales del Gobierno de la ciudad de Buenos Aires, Tamara Yoffe, realizó el acto de apertura. "Este tipo de eventos me parecen excelentes ya que permiten tener una visión global de todas las implementaciones y de cómo es el apoyo integral de la disciplina desde el punto de vista propio del Facility Management y de los Facility Managers que están operando en los edificios en todo el mundo" resaltó Yoffe.



La jornada siguió con el primer bloque de conferencias y fue moderado por Luciano Brunherotto, Presidente de la Associação Brasileira de Facilities (ABRAFAC). En este bloque, Claudio Blum, de Cushman & Wakefield, habló sobre qué debe tener en cuenta un Facility Manager, tanto en las acciones a tomar en energías renovables, como en la elección de un sistema de energía segura. Por su parte, el presidente de Green Building Council, Carlos Grinberg, expuso sobre la Construcción Sustentable. Finalmente, la coordinadora general de la Cámara Argentina de Energías Renovables, Carolina Rodríguez, cerró el bloque hablando sobre su estado en la región y la nueva normativa.



El segundo bloque fue moderado por el representante de la Asociación Costarricense de Facility Management (ACFM), Julio Flores, un bloque de conferencias en el que Mauricio Deabate, de Veolia, dialogó sobre la eficiencia en la cadena de valor energética. Más tarde,

llegaría el turno del director de FMHOUSE, David Martínez, quién expuso cómo el Facility Manager es la base de la estructura del departamento.



Durante la tarde de esta jornada, se realizó el workshop I de La transición a modelos de FM dictado por David Martínez, el cual tuvo un aforo completo. Para finalizar esta primera jornada de CIFMers LATAM 2017, se celebró el gathering de asociaciones donde los diferentes representantes de Latinoamérica intercambiaron con el chairman de EuroFM, Pekka Matvejeff, sus formas de trabajar y acordaron estrechar lazos para trabajar en conjunto.



El segundo día del congreso, dedicado a Workplace y Tecnología, fue inaugurado con un primer bloque de conferencias, moderado por el representante de la Sociedad Uruguaya de Mantenimiento (URUMAN), Pablo Panzacchi. El comienzo de este bloque vino de la mano de Facundo Gago, de JLL, quien compartió un estudio sobre los requerimientos de los empleados con respecto a los espacios de trabajo y la forma de trabajar. Por otro lado, el responsable de Espacios Corporativos de Banco

Galicia, Martín Seijas, expuso la experiencia del edificio Plaza Galicia y Fernando Lerici, de Thomson Reuters, finalizó este bloque con una charla en la que trató acerca de la flexibilidad en el workplace.



En el segundo bloque de esta jornada, el moderador fue la representante de la Sociedad Latinoamericana de Facility Management (SLFM), Vanesa Pirani, interviniendo en primer lugar Leandro Elías, de Cavalieri, quien dialogó de los sistemas de control centralizado BMS. El director de Carrera de Especialización BIM de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Javier Nuñez, compartió cómo la metodología del BIM puede aplicarse en el FM, y por último, la Directora de Infraestructura y Racionalización de inmuebles de la Agencia de Administración de Bienes del Estado, Carina Margarido, habló sobre cómo se trabaja para revalorizar y optimizar las distintas oficinas de la Administración Pública Nacional.

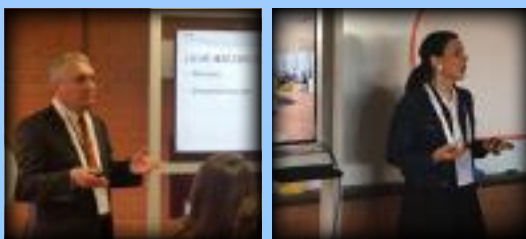


Pekka cerró la jornada de conferencias nombrando a los nuevos embajadores de EuroFM en LATAM, siendo los reconocidos con este título Lilyana Mejía de Bancolombia (Colombia), Karla Susana Shiva de la Asociación Peruana de Facility Management (Perú) y Daniel Luna de la Asociación Mexicana de Facility Management (México).



El congreso continuó con un exitoso workshop por parte de Contract Workplaces, denominado La experiencia en el espacio de trabajo, un desafío para el Facility Manager, el cual fue liderado por Carolina Pérez, Gerente General de Chile. Esta jornada terminó con dos presentaciones, por un lado Stan Mitchell, de ISO TC 267 Facilities Management, dialogó sobre los estándares internacionales en Facility Management, y por otro, el director de normalización y relaciones internacionales del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Osvaldo Petroni, del portal para la participación argentina en la normalización ISO sobre FM.

El broche de oro de CIFMers LATAM 2017, se puso en el tercer y último día de este evento, con las visitas guiadas a los edificios de la Casa de Gobierno de Buenos Aires, realizada por Gastón Sánchez Alvarez, representante del equipo de Dirección de Infraestructura del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, y a la



Torre AIRío, realizada por Verónica Voyatjian, representante del equipo de Property Management de Bowers & Simmons, resultando ambas visitas de gran interés.

Argentina vive un momento de crecimiento muy fuerte en el sector del Facility Management y este hecho se ha constatado en CIFMers LATAM 2017 tras el gran interés y participación

de los asistentes que han comentado que eran necesarios más eventos de este tipo para afianzar la profesión.

“El Facility Management tiene falta de difusión y conocimiento. Las personas que hacen mantenimiento no saben en muchas ocasiones que lo que deberían estar haciendo es FM, ya que no son capaces de reconocer las diferencias que hay entre el FM y el mantenimiento. Yo mismo he buscado durante años congresos como este para informarme y para estar en contacto con gente del sector, y no encontré en el país congresos que se realizarán o lugares de encuentro que reúna a las personas que trabajan en este sector. Esta es mi primera experiencia en este tipo de eventos, por lo que creo que lo que hace falta es difusión y tras la difusión, capacitación” relató el director de Carrera de Especialización en BIM de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Javier Nuñez.

#### AGRADECIMIENTOS

CIFMers LATAM 2017 ha contado con la colaboración de grandes empresas como Cushman&Wakefield, Veolia, JLL y Cavalieri, como patrocinadores técnicos del evento. También han participado de forma especial otras empresas de renombre dentro del sector del Facility Management como Emsetec, FMHOUSE y Rubinat, así como Arqropolis y Bowers & Simmons.

CIFMERS GLOBAL, la empresa organizadora de CIFMers LATAM 2017, quiere mostrar su agradecimiento a estas empresas que hacen posible el evento, así como a todas las asociaciones y media partners que colaboraron en el congreso.

Todos los vídeos de las ponencias y entrevistas están disponibles en abierto en nuestro canal de Youtube y APP CIFMers. Más información en [www.cifmers.com](http://www.cifmers.com).



## Mara de Oro de Venezuela para el libro: “INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD, METODOLOGÍAS FUNDAMENTALES”

(Prensa Predictiva21) Gran orgullo en la comunidad de mantenedores produjo el galardón Mara de Oro de Venezuela, que entrega la fundación del mismo nombre, al libro Ingeniería de Confiabilidad, Metodologías Fundamentales, escrito por Ernesto Primera. La gala tuvo lugar en Maturín, en el mes de noviembre de 2017, y cumplió con el propósito de la Fundación Mara de Oro, que se centra en reconocer a quienes día a día trabajan y se esfuerzan por lograr un mejor país. La prestigiosa placa fue recibida por Enrique González, director y CEO de Predictiva21, debido a la ausencia de Ernesto Primera en tierras orientales durante el evento.

Ernesto Primera, quien cuenta con más de 20 años de brillante carrera, explicó que el libro aborda los pilares fundamentales de conocimientos y experiencias en materia de Ingeniería de Confiabilidad, siendo estos según su criterio, importantes elementos a considerar para la optimización de los procesos de la industria venezolana, capaces de hacer que las plantas de producción sean más confiables,

eficientes y seguras con la aplicación de las metodologías: “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y solución de problemas mediante el Análisis de Causas Raíces”. “Estoy muy honrado y agradecido con todos los que forman parte del Mara de Oro de Venezuela por tomar en cuenta mi libro, quiero que sepan que lo hice con mucha dedicación y el propósito de que los lectores puedan empoderarse de herramientas capaces de cambiar el rumbo de vida útil y productivo de sus activos industriales, logrando enrumbarlos a los niveles más altos de competitividad del mercado, generando entornos rentables, confiables y seguros”, añadió el también creador de la primera Sociedad Venezolana de Profesionales de Mantenimiento y Confiabilidad (AVEPMCO).

### Mara de Oro de Venezuela continúa su camino de éxitos

Durante el desarrollo de la gala, el presidente de la Fundación Mara de Oro de Venezuela e Internacional, Hender González, hizo énfasis en




*Enrique González, CEO de Predictiva21 y gerente de la empresa EMS, recibe el Premio Mara de Oro de Venezuela de manos del presidente de la fundación Hender González, otorgado a Ernesto Primera por su obra "Ingeniería de Confiabilidad, Metodologías Fundamentales".*

que durante los 62 años que lleva la institución premiando a cantantes, actores, periodistas, médicos y demás profesionales, así como empresas ejemplo de constancia, perseverancia, esfuerzo y dedicación han significado un "sin número de experiencias y recuerdos gratificantes". Esta Fundación, creada en el año 1952, es el único premio en Venezuela avalado por la Federación Internacional de Premios y su misión es enaltecer el trabajo de relevantes personalidades de la radio, prensa, televisión, cine, teatro, danza, publicidad, cultura, política, deporte y música entre otros.

Los galardonados son elegidos a nivel nacional e internacional, y pasan por un riguroso método de selección, que incluye encuestas, entrevistas, apoyadas el trabajo que realizan el jurado de la fundación, miembros del consejo consultivo y expertos en el medio del arte y espectáculo. "Tenemos como objetivo seguir creciendo, ser mejores, y que cada espectáculo marque pauta y sea sin precedentes" dijo a su vez Olga Lira, coordinadora nacional del galardón y directora de LT Producciones, quien acompañó a Hender González durante la gala y la entrega de premios.





# “APLICACIÓN DEL ESTÁNDAR API 650 A UN ACTIVO FÍSICO INSTALADO EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA”

*Caso de estudio basado en el Apéndice “F”*

La importancia de la petroquímica está en su capacidad para producir grandes volúmenes de productos a partir de materias primas abundantes y a bajo precio.

Las plantas de Cloro utilizan como materia prima la sal común de la cual mediante un proceso de descomposición electrolítica, se obtiene cloro  $Cl_2$ , soda cáustica  $NaOH$  e hidrógeno  $H_2$ . Este último en conjunto con el cloro pueden formar el compuesto químico de fórmula  $HCl$  cloruro de hidrógeno (ácido clorhídrico en su forma hidratada) obtenidos como subproductos en la fabricación del hidróxido de sodio. El cloro se quema en exceso de hidrógeno en unidades con mecheros especiales. Desde que se descubrieron sus usos y propiedades, el ácido clorhídrico ha ocupado un lugar de gran importancia en la industria petroquímica debido a la amplia gama de productos que se obtienen a partir de él.

Es así como el  $HCl$  es almacenado en tanques de diversos materiales, por lo general de forma cilíndrica, que son usados para guardar y/o preservar este líquido a presión ambiente, por lo que en ciertos medios técnicos se les da el calificativo de tanques de almacenamiento atmosféricos.

En este caso particular se mostrarán algunos de los pasos a seguir durante la construcción y/o fabricación de un tanque para el almacenamiento de  $HCl$  con un tiempo en servicio operacional continuo de 8 años donde se le hará una estimación de la frecuencia óptima de inspección.

## **MARCO CONCEPTUAL**

### **APÉNDICE F DE LA NORMA API 650**

Este apéndice permite el incremento de la presión interna en tanques de techo fijo hasta la

máxima permitida, cuando se cumplen los requerimientos adicionales allí establecidos y aplica para tanques no refrigerados. La máxima presión interna de diseño permitida por este apéndice es de 2,5 psi.

#### **CARGA HIDROSTÁTICA**

La presión ejercida por un líquido en reposo.

#### **CÓDIGO**

Conjunto de mandatos dictados por una autoridad competente.

#### **CORROSIÓN**

Desgaste no deseado, originado por la reacción química entre el fluido contenido y/o procesado y el material de construcción del equipo en contacto con el mismo.

#### **ESTÁNDAR**

Sugerencias para la fabricación y diseño, originadas por la experiencia.

#### **NORMA**

Conjunto de reglas para el dimensionamiento y cálculo de accesorios.

#### **PRESIÓN ATMOSFÉRICA**

Es la producida por el peso del aire y su valor depende de la altura del sitio indicado sobre el nivel del mar.

#### **PRESIÓN DE PRUEBA**

Valor de la presión manométrica que sirva para realizar la prueba hidrostática o neumática.

#### **TANQUE**

Depósito diseñado para almacenar o procesar fluidos, generalmente a presión atmosférica o presión internas relativamente bajas.

#### **TANQUES SOLDADOS DE TECHO FIJO**

Tanques construidos con acero al carbono o aceros aleados, de diversos tamaños y capacidades, de paredes cilíndricas y verticales, diseñados para almacenar líquidos y para trabajar a presiones próximas a la atmosférica o a presiones inferiores a 1,0 kg/cm<sup>2</sup> (14,22 psi).

#### **TANQUES DE ALMACENAMIENTO CILÍNDRICOS VERTICALES DE FONDO PLANO**

Nos permite almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo, con la limitante que sólo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas.

#### **ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

Se denomina ensayo no destructivo END, o en inglés NDT a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales, estos ensayos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

#### **CASO DE ESTUDIO BASADO EN EL APÉNDICE "F" DE LA NORMA API 650 PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ÁCIDO CLORHÍDRICO EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA.**

En los Estados Unidos de Norteamérica y en muchos otros países del mundo, incluyendo el nuestro, el diseño y cálculo de tanques de almacenamiento, se basa en la publicación que realiza el "Instituto Americano del Petróleo", al que esta institución designa como "STANDARD API 650", para tanques de almacenamiento a presión atmosférica.

En este caso se describirá a continuación los principales pasos a seguir durante el seguimiento y control de la calidad en la fabricación de un tanque de almacenamiento de HCl en la industria petroquímica, asimismo se darán a conocer las pautas para la frecuencia óptima de inspección.

## REUNIÓN DE PRE-FABRICACIÓN

En esta reunión es muy importante la participación de los representantes del cliente, como lo son: control de calidad, personal asignado y exclusivo para el seguimiento y control de la ejecución. Así como también la contratista encargada de la fabricación del tanque, para considerar algunos de los siguientes aspectos:

- Cronograma de fabricación.
- Asignación de los puntos de inspección.
- Calificación de los procedimientos de soldadura.
- Calificación de soldadores y/u operadores de máquinas de soldar.
- Tipos de pruebas a realizar.
- Condiciones para la inspección en el taller del fabricante.
- Cumplimiento de las fechas establecidas en el proyecto.

## FABRICACIÓN

Cuando el diseño sea realizado por una empresa contratista, tanto los planos de fabricación como los cálculos de diseño, deben ser revisados y aprobados por el representante del cliente involucrado en el proyecto. Asimismo todos los materiales que vayan a ser utilizados en la construcción del tanque atmosférico: planchas y láminas de acero, acero para estructuras, tuberías, bridas, válvulas, conexiones, accesorios, empaaduras, espárragos y otros componentes deben satisfacer los requisitos indicados en el código de diseño especificado.

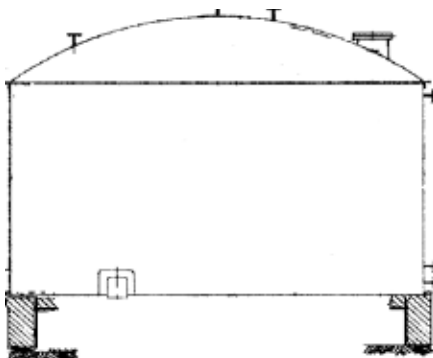


Figura 1. Estructura del Tanque.

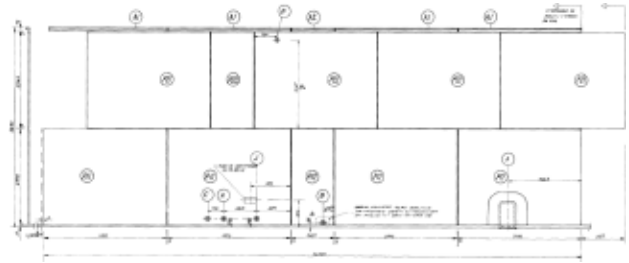


Figura 2. Configuración de la pared del tanque.

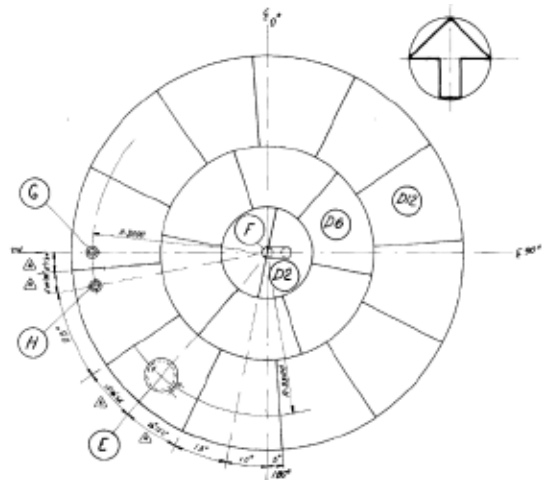


Figura 3. Configuración del techo del tanque.

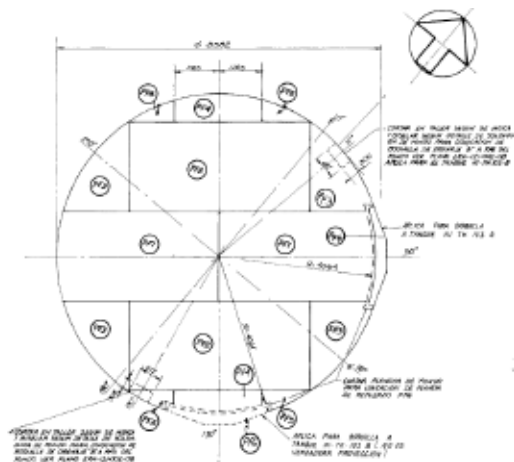


Figura 4. Configuración del piso del tanque.

## PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

El estándar API 650, se auxilia del Código ASME Sección IX para dar los lineamientos que han de seguirse en la unión y/o soldado de materiales.

El Código ASME Sección IX, establece que toda

joint welded shall be performed using a welding procedure according to the classification of the joint and that, in addition, the operator shall have a certificate that certifies him as a qualified welder, which allows him to perform certain type of welds according to the classification of this. Once the welding or welds have been performed, they will be subjected to tests and assays such as: ultrasonic, radiographed, liquid penetrant, hardness, etc., where the quality of the weld will be verified.

The welding procedures will be presented for their approval and study before applying any weld bead for each case in particular. This procedure must indicate the preparation of the elements to be welded, as well as the temperature to which the material must be preheated (electrode, if any), as well as the materials to be joined.

**Specificación de Procedimiento de Soldadura (WPS):** Es un procedimiento de soldadura calificado por escrito preparado para proporcionar instrucciones para realizar soldaduras de producción según los requisitos del código. El WPS u otros documentos se pueden usar para proporcionar dirección al soldador o al operador de soldadura para asegurar el cumplimiento de los requisitos del código.

Formato 1.  
Modelo  
de un WPS.

Fuente:  
Multiservicios  
y Asesoría  
Barboza.

**Registro de calificación de procedimiento (PQR).** Es un registro de los datos de soldadura utilizados para soldar un cupón de prueba. El PQR es un registro de variables durante la soldadura de los cupones de prueba. También contiene los resultados de las pruebas de los especímenes.

Formato 2.  
Modelo  
de un PQR.

Fuente:  
Multiservicios  
y Asesoría  
Barboza.

**Calificación de habilidad del soldador (WPQ).** Es un alcance que rige y califica al soldador o también la soldadura en la cual se observa la capacidad, la destreza y el conocimiento del soldador a la hora de soldar. Este código reconoce que los fabricantes o contratistas pueden mantener un control operacional efectivo de los registros de calificación de desempeño del soldador.

Formato 3.  
Modelo  
de un WPQ.

Fuente:  
Multiservicios  
y Asesoría  
Barboza.

Durante y posteriormente a la fabricación de la estructura metálica del tanque se realizarán algunas de las siguientes pruebas:



Fotografía 1. Construcción de la pared del tanque.



Fotografía 2. Construcción del techo del tanque.

## LÍQUIDOS PENETRANTES

Quando se especifique el examen de líquido penetrante, este deberá estar de acuerdo con la sección V, Artículo 6 del Código ASME. El método de examen con líquidos penetrantes es un medio eficaz para detectar discontinuidades que están abiertas a la superficie de metales no porosos y otros materiales. Las discontinuidades típicas detectables por este método son grietas, uniones, vueltas, cierres fríos, laminaciones y porosidad.



Fotografía 3. Prueba de Líquido Penetrante en soldadura circunferencial y cuello respectivamente.



Fotografía 4. Prueba de Líquido Penetrante en juntas del piso del tanque.

## AS BUILT DE SOLDADURA Y UBICACIÓN DE RADIOGRAFÍAS

El personal que realice y evalúe los exámenes radiográficos de acuerdo con esta sección deberá ser calificado y certificado cumpliendo con los requisitos de certificación descritos en los niveles II o III de ASNT SNT-TC-1A.

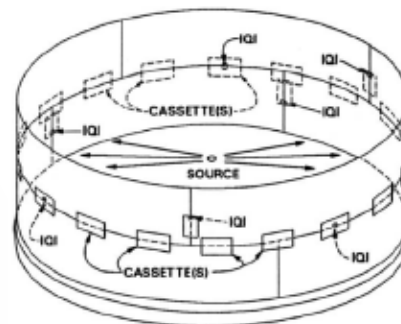


Figura 5. Mapa radiográfico.

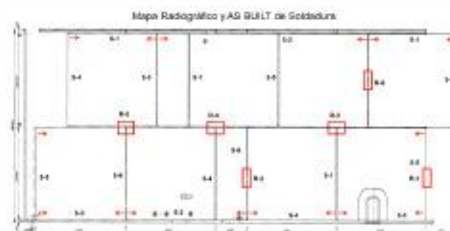


Figura 6. AS BUILT de soldaduras.

### PRUEBA DE GAS OÍL

Las juntas soldadas las cuales deberán ser examinadas para detectar grietas o cualquier otra discontinuidad que permita posibles fugas, mediante la aplicación de un aceite altamente penetrante en todas las juntas de soldadura interiores, y examinar cuidadosamente el exterior de las mismas para detectar fugas.



*Fotografía 5. Prueba de Gas Oil en el interior del tanque*

### PRUEBA DE VACÍO DEL FONDO

Las pruebas de vacío se realizan con una caja de aproximadamente 150 mm de ancho por 750 mm de largo con una ventana transparente en la parte superior que proporciona una visibilidad adecuada para ver el área bajo inspección. Durante las pruebas, la iluminación debe ser adecuada para la correcta evaluación e interpretación de la prueba. El fondo abierto se sellará contra la superficie del tanque mediante una junta adecuada. Se proveerán conexiones, válvulas, iluminación y medidores, según sea necesario. Se utilizará una solución de película de jabón o una solución comercial de detección de fugas, aplicable a las condiciones.



*Fotografía 6. Prueba de Vacío en las juntas del piso del tanque.*

### PRUEBA HIDROSTÁTICA

El tanque debe ser probado hidrostáticamente y su llenado debe ser gradual de manera que se

puedan detectar fugas a tiempo, asentamiento de la fundación o cualquier otro problema. Se realiza antes de colocar el recubrimiento interno y las tuberías externas permanentes al tanque. El tiempo de la prueba será establecido por criterio del inspector, una vez completada la prueba hidráulica, sólo se pueden soldar al tanque pequeños accesorios no estructurales. Todas las uniones soldadas que estén por encima del nivel de agua de prueba se examinarán en busca de fugas mediante uno de los siguientes métodos:

- Aplicar un aceite altamente penetrante en todas las juntas de soldadura interiores y examinar cuidadosamente el exterior de las juntas para detectar fugas.
- Aplicando vacío a cada lado de las juntas o aplicando presión de aire interna y examinar cuidadosamente las juntas en busca de fugas; o
- Usando cualquier combinación de los métodos estipulados en los subpuntos 1 y 2.

### APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO INTERNO

El ácido clorhídrico, o como una vez se llamó ácido muriático, es un ácido fuerte y altamente corrosivo. El ácido comercial puede oscilar entre 28 y 38%. Existen empresas a nivel mundial que tienen experiencia en el diseño y procesamiento de compuestos de caucho para los entornos altamente corrosivos que se encuentran en diversas aplicaciones de HCl.

Para los tanques de almacenamiento, los revestimientos de caucho natural sobre acero se han utilizado predominantemente para la contención de ácido clorhídrico. Es muy importante la comprobación de la fecha de elaboración, así como la fecha de vencimiento de estos materiales no metálicos, tales como revestimientos (pinturas, elastómeros, etc), asimismo exigir la ficha técnica del fabricante del producto.

Los medios de inspección estarán basados en el aspecto visual, prueba de dureza en escala "Shore A" y prueba de salto de chispa Spark Test.

La superficie debe ser descontaminada, sobre todo en equipos en donde se generen sales solubles, tales como cloruros y sulfuros. A fin de descontaminar la superficie y realizar una adecuada preparación y la concentración de sales solubles (cloruros) debe ser menor a 10 ppm.

Una vez completada la instalación, el curado del revestimiento colocado puede completarse de acuerdo al tipo de revestimiento instalado. El curado puede ser con vapor o mediante un agente químico de curado.

Los paños de goma no deberán tener abombamiento u otro defecto de instalación que comprometa el desempeño de la goma a futuro o que permita el deterioro de la junta durante el proceso de curado.



*Fotografía 7. Inspección al recubrimiento interno mediante Prueba de Spark Test antes del curado.*

### LIMPIEZA Y PINTURA

Se protege toda la superficie externa del cuerpo, techo, soportes, barandas, escaleras, conexiones, etc, del tanque. Mediante la aplicación de la protección anticorrosiva, se tuvieron en cuenta las condiciones ambientales predominantes en la zona donde se construyó el tanque, así como las condiciones de operación y características del fluido a almacenar. Los requerimientos técnicos para la aplicación del sistema de recubrimiento, están dados en la especificación de recubrimientos

NACE N° 1/SSPC-SP-05 con limpieza NACE 6G198/SSPC-TR2. Una vez terminada la limpieza abrasiva de la superficie deben tomarse previsiones para evitar su contaminación con sales solubles, polvo, partículas metálicas, aceite, agua o cualquier otro agente. Además, se ha observado que la vida del revestimiento interno de caucho natural se puede mejorar pintando el exterior del recipiente con un color claro para reflejar los rayos del sol.



*Fotografía 7. Tanque para el almacenamiento de HCL finalmente construido.*

### CÁLCULO DE LA FRECUENCIA ÓPTIMA DE INSPECCIÓN

Una vez construido el tanque y puesto en la etapa de operación, se diseñaron los planes de mantenimiento haciendo uso de tareas de mantenimiento e inspección y la frecuencia de aplicación la cual corresponda con el contexto operacional actual, mediante las metodologías apropiadas desde la etapa temprana del ciclo de vida del activo tales como RCM, FMECA, FMEA y RBI. Por otro lado es sumamente importante definir el intervalo óptimo de la frecuencia de inspección para mitigar el riesgo.

En la figura 8 se muestran los cuatros parámetros más importantes en el cálculo de la frecuencia óptima de inspección tales como: punto de inicio del deterioro, rata de deterioro, punto de falla, y precisión en la medición.

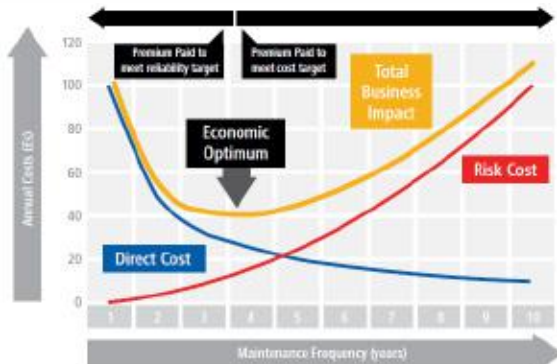


Figura 7. Optimización de la frecuencia de inspección.

Fuente: An Anatomy of Asset Management version 3. Diciembre 2015.

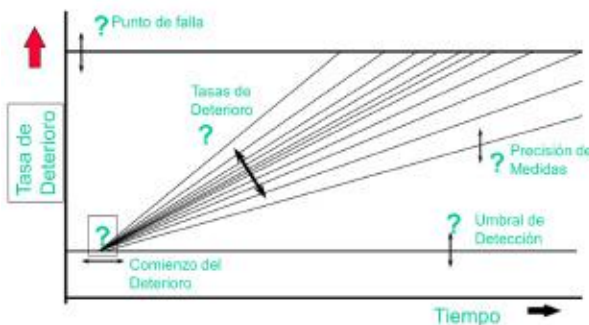


Figura 8. Modelo de Inspección.

A continuación se muestra la tabla de los resultados indicando la frecuencia óptima para la próxima inspección. Estos resultados son obtenidos a través de la aplicación de un modelo matemático que modela el deterioro a diferentes frecuencias considerando costos, riesgos y desempeño.

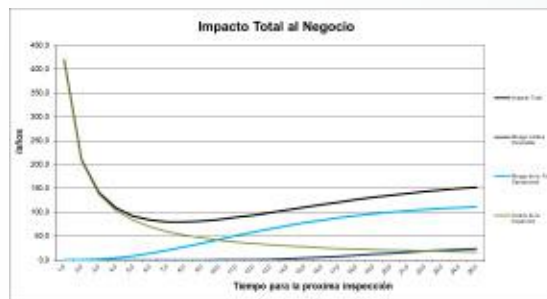
De acuerdo a este modelo la próxima inspección debe ser realizada en 8 años. No obstante, es recomendable el monitoreo cada cierto tiempo de las variables de deterioro para pronosticar el momento oportuno para la intervención del equipo. Para la resolución de este cálculo se modeló el costo de realizar la tarea de inspección a varias frecuencias y de la misma manera se calculó el riesgo de no hacer la tarea de inspección.

Optimización de Frecuencias de Inspección

Copyright 2017, Edgar Fuenmayor, Ing. MSc. CMRP

Calcular Primer Intervalo:	1	Año(s)
Calcular cada:	1	Año(s)
Intervalo de Insp. Max permitido	0	Año(s)
Probabilidad de falla Max aceptada	0	/Año(s)
Intervalo Actual	0	Año(s)
Intervalo Seleccionado		Año(s)

Costos Expresados como (USD/Año)				
Tiempo para la próxima inspección (Año(s))	Costos de la Inspección	Inspección Predictiva		
		Costos del Riesgo Pasando Limite Permisible	Costos del Riesgo Falla Operacional	Impacto Total al Negocio
1.0	419	0,00	0,26	419,26
2.0	210	0,00	0,85	210,35
3.0	140	0,00	2,27	141,93
4.0	105	0,00	4,87	109,62
5.0	84	0,00	8,84	92,64
6.0	70	0,00	14,14	83,98
7.0	60	0,00	20,55	80,41
8.0	52	0,00	27,76	80,14
9.0	47	0,02	35,44	82,01
10.0	42	0,11	43,28	85,29
11.0	38	0,35	51,04	89,48
12.0	35	0,84	58,53	94,28
13.0	32	1,65	65,62	99,50
14.0	30	2,81	72,22	104,96
15.0	28	4,31	78,28	110,52
16.0	26	6,08	83,79	116,05
17.0	25	8,05	88,75	121,44
18.0	23	10,16	93,17	126,60
19.0	22	12,33	97,08	131,46
20.0	21	14,50	100,51	135,96
21.0	20	16,63	103,50	140,08
22.0	19	18,68	106,08	143,81
23.0	18	20,63	108,29	147,14
24.0	17	22,46	110,16	150,08
25.0	17	24,16	111,72	152,64



CONCLUSIONES

a.- Es importante destacar al lector que el tanque del cual se menciona en este artículo fue construido en el año 2010 y su comportamiento operacional ha sido hasta los momentos satisfactorio.

b.- Se cumplieron las buenas prácticas comprobadas del estándar API 650 Apéndice F, es importante indicar por parte de los autores que este código no tiene la intención de obviar la necesidad de la aplicación de los adecuados criterios de ingeniería establecidas con anterioridad en cada tipo de industria.



c.- Se mostró el resultado de un adecuado seguimiento y control por parte del inspector cliente, como es la de asegurar que las empresas contratistas encargadas de fabricar tanques para la industria petroquímica cumplan en conformidad con los requerimientos de los códigos, y normas nacionales e internacionales.

d.- Se indicaron los puntos de espera (hold points) y de inspección (examination points) por parte del inspector cliente, requeridos en los planes de inspección y ejecución del trabajo que elaboró la empresa contratista, y determinó los Ensayos No Destructivos correspondientes.

e.- Se definió el intervalo óptimo de la frecuencia de la próxima inspección mediante un modelo matemático considerando los costos, riesgo, y desempeño, aplicado a tanque para el almacenamiento de Ácido Clorhídrico instalado en una planta petroquímica.

f.- El cálculo de la frecuencia óptima de inspección o intervalo para la próxima inspección es un parámetro sumamente importante para el monitoreo del deterioro del activo, ya que se puede anticipar la falla es decir una vez conocido el punto de la falla potencial se puede establecer el tiempo máximo permitido antes de llegar a la falla funcional. En el caso de equipo de contención de energía como lo son los equipos estáticos es muy esencial definir el momento oportuno para la inspección debido a las consecuencias cuando se pierde la función primaria del equipo.

AUTOR:

**EVELIO CHIRINOS**

Ingeniero Mecánico

MSc en Ingeniería de Gas

*evelioch30@hotmail.com*

**EDGAR FUENMAYOR**

Ing. MSc. CMRP.

*edgarfuenmayor1@gmail.com*

### *Referencias y Lecturas Complementarias.*

- a. API 650, tanques de acero soldados para almacenamiento de petróleo, 11ª edición. Addendum 3.
- b. John D. Campbell and James V. Reyes – Picknell: 'Uptime', Strategies for Excellence in Maintenance Management, Canada, 2016, CRC Press.
- b. Asset Management – An Anatomy, Version 3, United Kingdom, 2015, IAM.
- c. John Woodhouse.: 'Asset Management Decision-Making: The SALVO Process', Strategic Assets: Life Cycle Value Optimization, United Kingdom, 2014, TWPL.
- d. ISO - 55000 Asset Management - Overview, Principles and Terminology, 2014.
- e. Andrew K.S. Jardine and Albert H. C. Tsang, Maintenance, Replacement, and Reliability (Theory and Applications), Second Edition, 2014, CRC Press.
- f. Ramesh Gulati, 'Maintenance and Reliability' Best Practices, Second Edition, 2013, Industrial Press, Inc.
- g. John D. Campbell, Andrew K.S. Jardine and Joel McGlynn; "Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions", 2011, CRC Press.
- h. Edgar Fuenmayor: Calculando la frecuencia optima de mantenimiento o reemplazo preventivo, 2017. [www.predictiva21.com](http://www.predictiva21.com).
- i. Macro Project EU 1488, 2008, [www.macroproject.org](http://www.macroproject.org).
- j. British Standard Asset Management BSI PAS 55, 2008.
- k. Medardo Yañez, Hernando Gómez de la Vega, Genebelin Valbuena.: 'Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo', Venezuela, 2004, R2M.
- l. John Moubray.: 'Reliability Centered Maintenance', RCM II, Second Edition, 1997, Industrial Press, Inc.
- m. John Woodhouse.: 'Managing Industrial Risk', Getting value for money in your business, London 1993, Chapman & Hall.
- n. Colin Labouchere, C.M.: 'Use of a Small Computer to Assist in Making Maintenance Decisions', Proceedings of UK Maintenance Congress, London 1982.



Centro de Conocimientos que promueve y brinda experiencias, guías, prácticas, técnicas, herramientas, modelos y metodologías para la Gestión de Activos y Riesgos, Ingeniería de Confiabilidad, Mantenimiento y Maquinarias Rotativas, para el universo de profesionales de la ingeniería e industria mundial a través de programas de Formación, Capacitación, Investigación, y Desarrollo.



### Gestión de Activos y Riesgos:

- ISO-55000: Gestión de Activos Físicos.
- ISO-31000: Gestión del Riesgo.
- RBM. (Risk-Based Methods) Métodos Basados en Riesgo.

### Ingeniería de Confiabilidad:

- Técnicas de Confiabilidad.
- KPI. Indicadores Claves de Desempeño.
- BSC. Indicadores Balanceados de Gestión.
- Estudios RAM. Confiabilidad / Disponibilidad / Mantenibilidad.
- RCM. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- RCA. Técnicas de Análisis Causa Raíz.
- RBS. (Risk-Based Spare): Inventarios Basados en Riesgos.
- TPM. (Total Productive Maintenance): Mantenimiento Productivo Total.
- Lean Six Sigma.
- LCC. (Life Cycle Cost): Análisis de Costo de Ciclo de Vida.

### Maquinaria Rotativa:

- Selección, Aplicación y Operación de Sistemas de Bombeo.
- Mantenimiento de Bombas y Compresores.
- Mantenimiento Mayor de Bombas (Overhaul)
- Sellos Mecánicos y Sistemas de Sellado.
- Compresores: Reciprocantes, Centrífugos y de Tornillo.
- Confiabilidad de Sistemas de Bombeo.
- Turbinas a Gas: Operación y Mantenimiento.
- Confiabilidad de Turbinas a Gas.
- Cojinetes: Aplicaciones y Análisis de Fallas.
- Fundamentos de Hidráulica.
- Alineación de Equipos Rotativos.
- Lubricación Industrial.
- Análisis Metalúrgico de Fallas.

### Técnicas Predictivas:

- Análisis de Vibraciones Mecánicas.
- Análisis de Aceites Lubricantes (Tribología).
- Termografía Infrarrojo.
- Ruido Ultrasónico.

## MODALIDADES

Presenciales



Distancia (On-line)



Programas Avanzados

Diplomados

Cursos

Talleres



**PERSONAS**

Pirámide Evolutiva de la Confiabilidad  
All rights reserved. © MRI

Mobile City, Alabama - USA. 36695  
+1 251 285 0287 / +1 205 578 7025  
[info@machineryinstitute.org](mailto:info@machineryinstitute.org)

@MachineryRelia

MachineryInstitute

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





# POR QUÉ CONFIABILIDAD CENTRADA EN LAS PERSONAS?

Durante mi carrera profesional, me he dedicado a la solución de problemas y control de las amenazas mediante el manejo del riesgo. En un principio, sólo me enfocaba en restituir las condiciones de integridad mecánica del componente fallado y restablecer la función del sistema. Sin embargo, me preguntaba si había algo más que no estaba viendo o contemplando ya que en algunas ocasiones encontraba fallas similares en otras áreas de las instalaciones. Mi curiosidad me impulsaba a buscar e indagar con mayor profundidad los problemas de manera de disminuir su ocurrencia y mitigar su impacto. En cada Análisis Causa Raíz que participaba, encontraba que no profundizábamos lo suficiente para encontrar las verdaderas causas latentes. Una cosa encontraba en común en la mayoría de los casos, el error humano estaba presente.

Tengo la costumbre de averiguar el porqué de las cosas y de nuevo la curiosidad me ayudó a identificar, que en muchas de las investigaciones encontraba que el error humano involucraba a más de una persona, e inclusive en diferentes áreas de la organización. De manera que no era sólo casos aislados de alguien que se equivocó, descuidó o simplemente no poseía la maestría para la función que desempeña, ya era un problema

organizacional. Por supuesto, las organizaciones no les gusta oír que la responsabilidad de la ocurrencia de estos eventos los involucra al final de la cadena.

Haciendo algunas investigaciones, comencé a encontrar estadísticas que indicaban que:

***Aproximadamente 96% de los eventos no deseados ocurridos en nuestras plantas provienen de factores humanos.***

Sólo un 4% pueden atribuirse a fallas de componentes, esto puede variar dependiendo del sector. Sin embargo, nuestro enfoque sigue apuntando primordialmente a los activos físicos.<sup>1</sup>

## ¿DÓNDE VEMOS LA OPORTUNIDAD?

Comencemos por definir confiabilidad humana y acoto una de las tantas disponibles en internet:

*“La Confiabilidad Humana es la capacidad de desempeño eficiente y eficaz de las personas en todos los procesos, sin cometer errores derivados del actuar y del conocimiento individual, durante su competencia laboral, en un entorno organizacional específico”<sup>2</sup>*

No sé si comparten mi opinión, pero me parece

un concepto bastante analítico y estructurado, teniendo en consideración la complejidad de los seres humanos. Con esto no pretendo cuestionar la validez de este enfoque, sólo considero que algo está faltando.

De manera diferente, la Confiabilidad Centrada en las Personas, trata de dar un enfoque diferente, y se basa en la premisa de que el comportamiento humano es impredecible. Debido a que no somos totalmente racionales y las emociones juegan un rol muy importante en nuestro enfoque, toma de decisiones y motivación.

Por ejemplo, un empleado tiene un determinado rol en la organización, tiene el conocimiento y la destreza para cumplir su función. En situaciones ordinarias su enfoque es el esperado y se desempeña tal y como se espera de él. ¿Qué pasa cuando esta persona se encuentra en una situación de estrés, abrumado por problemas personales y/o bajo la presión de ejecutar una actividad de urgencia o emergencia? Hay altas probabilidades de que cometa un error debido a falta de enfoque, toma de decisión o motivación. Generalmente, cuando una persona se encuentra en esas condiciones, sólo reacciona ante la situación, reacciona según los modos de ataque o huida, su adiestramiento y aptitudes puede que no le ayuden mucho. Inclusive si ponemos a otra persona igualmente experimentada, tiene el conocimiento y la destreza necesaria para cumplir la función, en la misma situación, ¿podríamos predecir que reaccionará de la misma forma? cuando tu cerebro, en este caso límbico, envía la señal de emergencia, hay una reacción inmediata. Digamos ante un atraco, diferentes personas actuarán de forma diferente, algunos correrán, otros se congelarán, inclusive otros pueden atacar como forma defensa. Sin embargo, es difícil predecir qué pasará antes de enfrentar la situación.

*“Las Emociones mueven a las Personas y las Personas el Desempeño” Es filosofía de inteligencia emocional en acción, Six Seconds The Emotional Intelligence Network.<sup>3</sup>*

Usualmente, cuando la causa de una falla es atribuible a factores humanos, bien sea por descuido o errores, la tendencia es corregir mediante el diseño, la probabilidad de ocurrencia de ese evento. Pero, ¿qué hacemos para prevenir el comportamiento de la persona? ¿Es que acaso consideramos que no somos capaces de cambiar?

### ¿POR QUÉ ES DIFÍCIL LOGRAR LOS CAMBIOS?

Lo primero que debemos entender es, ¿cuáles son los factores adversos al cambio? Las organizaciones están conformadas por individuos, y como individuos luchamos con el cambio. Se requiere de gran energía para impulsarlo y esta proviene de las emociones.

Las personas somos expectantes por naturaleza, nuestra visión del mundo se basa en lo que esperamos que sea; y esto, frecuentemente, es lo que generalmente ha sido. Cuando la realidad cambia esa perspectiva, entonces nos decepcionamos.

$$D = E - R$$

Cuando enfrentamos esa realidad la cual es menor que nuestras expectativas, caemos en un torbellino de frustración y decepción la cual nos bloquea. ¿Suenan familiar?

Otro reto que generalmente encontramos en las organizaciones son las estructuras, introducimos “Status Quo” en ellas, enfatizando como las cosas son y seguirán siendo.

Dos tercios de los esfuerzos para alcanzar el cambio fallan. Veamos tres de las causas más comunes:

1. El cambio es lineal – comienza, termina y se completa.
2. Dejar las emociones fuera del contexto - El Cambio es un proceso netamente cognitivo.
3. El Cambio Organizacional es impulsado por el cambio en el sistema – el cambio comienza con las estructuras, políticas, modelos, etc.

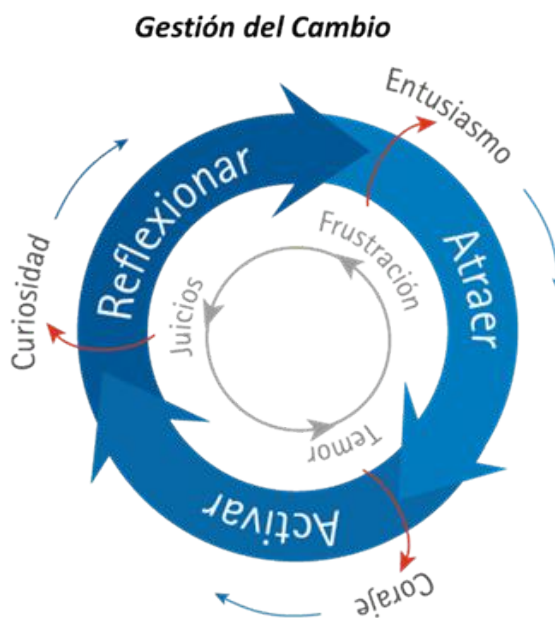
Vivimos tiempo de volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad (VUCA), de manera que el cambio es un proceso constante de aprendizaje, innovación y adaptabilidad.

El cambio requiere de una transición, y esto no es más que el proceso emocional que ocurre antes, durante y después del cambio. Por último, pero no menos importante, la confianza. El cambio debe estratégicamente comenzar y finalizar con las personas; en otras palabras, poner a la gente en el centro de la planificación. Si no hay líderes que entiendan cómo ocurre el cambio en las personas, y no son capaces de promover un clima de confianza, entonces estaremos en las estadísticas de ese 66% de cambios culturales que no llegan al éxito.

Si miramos el modelo de Proceso del Cambio "Change MAP" de Six Seconds, podemos observar las tres fases principales del modelo, ATRAER, ACTIVAR Y REFLEXIONAR, esto sería como decir preparen, fuego y apunten. Si lo piensan bien, tiene sentido. Si el blanco es fijo, puedes alistar, tomar tu tiempo para apuntar y luego disparar, pero ¿Qué pasa cuando el blanco es móvil, cambia de posición? Entonces te alistas, disparas, calculas la desviación, recalibras y disparas de nuevo.

Si notan el círculo interno representa la resistencia y gira en sentido contrario. Son los factores que se oponen, Juicio, Temor y Frustración. El círculo más externo representa factores que impulsan el cambio: Entusiasmo, Coraje y Curiosidad. Si habrán notado tanto /la resistencia como el impulso son emociones. Ahora la pregunta sería, ¿cómo pasar de la Frustración al Entusiasmo, del Temor al Coraje, del Juicio a la Curiosidad? ¿Cómo lograr esa transición? Recuerdan la transición no es más sino el proceso emocional que acompaña el cambio desde antes, durante y después de su implementación.<sup>4</sup>

Ahora lo ven, el factor clave es la inteligencia emocional, es lo que ayudará a la transformación. De tal forma, es necesario desarrollar el talento emocional de las organizaciones.



### ¿QUÉ ENTENDEMOS POR TALENTO EMOCIONAL DE LAS ORGANIZACIONES?

Como conversamos anteriormente, las emociones juegan un rol importantísimo en nuestro desempeño. La inteligencia emocional no es sino ser listos con nuestros sentimientos. Cuando somos capaces de combinar nuestra racionalidad con nuestras emociones, entonces somos capaces de conectarnos más efectivamente, tener mejores relaciones y podemos tomar decisiones óptimas.

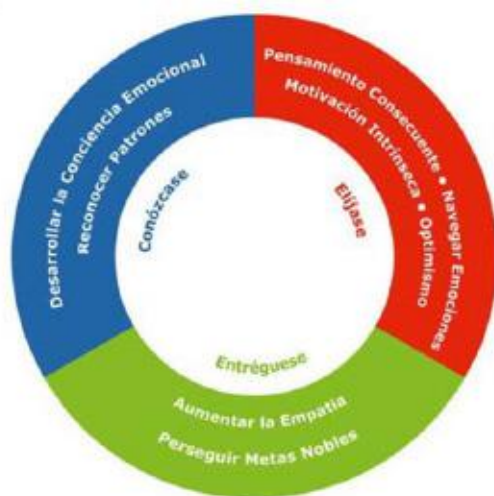
La inteligencia emocional no es algo que tenemos que adquirir, ya la tenemos, sólo que muchas veces no estamos consciente de ella. Lo que podemos hacer es desarrollar estas competencias, las cuales podemos aprender y medir en términos cuantificables. Lo importante es que podamos traerla al juego.

### ¿CUÁL ES EL ROL QUE JUEGA LA INTELIGENCIA EMOCIONAL EN LAS ORGANIZACIONES?

Te imaginas llegar a tu lugar de trabajo y respirar o percibir un clima de confianza, donde realmente estamos todos conectados, entusiasmados con dar lo mejor de nosotros,

porque estamos haciendo lo que realmente nos apasiona, porque creemos en esa visión que nuestros líderes nos han mostrado. Trabajando juntos para alcanzar metas colectivas o compartidas, en colaboración con todas las áreas de la organización, tomando acción para alcanzar los objetivos estratégicos del negocio. Enfrentar las condiciones adversas con adaptabilidad, curiosidad, creatividad e innovación. Te gustaría que tu sitio de trabajo fuera este, ¿cierto?

Yo creo que todo esto es posible si desarrollamos el talento emocional en nuestras organizaciones. Suena más fácil decirlo que hacerlo, pero en realidad el modelo de inteligencia emocional de Six Seconds es bastante simple:



Como podrán observar es un proceso de tres fases las cuales están en ciclo:

**CONÓCETE** – que tiene que ver con ser consciente de tus emociones, entender que hay información allí.

**ELÍGETE** – más relacionada con tu intención, autogestión cuáles son tus opciones.

**ENTRÉGATE** – es más acerca de tu dirección o propósito.

Es un proceso que a medida que lo circulas, cada vez eres más consciente, intencionado y

determinado. Subyacente a estas fases, existen 8 competencias aprendibles, desarrollables y medibles las cuales vemos en el círculo exterior y asociadas con cada una de las tres fases.

Como les comenté antes, la inteligencia emocional es algo que todos tenemos, pero podemos desarrollarla más y ser capaces de llevarlas a nuestra vida diaria y ponerla en acción, de eso se trata de lo Qué hacemos, Cómo lo hacemos y Por qué lo hacemos.

## ¿POR QUÉ ORGANIZACIONES, AUNQUE EXITOSAS EN LA RENTABILIDAD, NO SON ALTAMENTE EFECTIVAS?

Muchas veces me pregunto: ¿Cómo estamos produciendo valor a nuestros procesos y qué nos impulsa a hacerlo o no?

Empecemos por analizar la declaración de visión de una empresa, es prácticamente el mapa de ruta de lo que la empresa quiere convertirse, en ella se plasma el Qué, y algunas veces el Cómo, raramente el Por Qué.

¿Dónde está la motivación para que las personas alcancen esas metas? ¿Dónde se ve su participación en ese proceso? ¿Cuál es el propósito o la causa por la cual deban hacerlo?

Una causa es algo poderoso, que une y energiza a las personas para alcanzar objetivos compartidos, es algo más grande que nosotros mismos.

En este esquema de experiencia de empleado en las organizaciones, usado efectivamente en la gestión de personas podemos observar con claridad cómo perciben los trabajadores su experiencia laboral. El eje vertical representa lo que las personas obtienen de las empresas y en el eje horizontal la visión personal del trabajador.

¿Qué pasa si lo que percibo es negativo y soy un trabajador sin visión de futuro, no sé hacia dónde voy? Muy probablemente haré justo lo indispensable en mi trabajo para y procurar que

no lo noten. Vayamos al cuadrante inferior derecho, soy una persona con visión, pero no percibo lo que quiero; entonces haré mi trabajo, pero la primera oportunidad me voy.

## Experiencia del Empleado en las Organizaciones

Lo que obtengo es +	Me siento bien y seguro. Haré un buen trabajo	Daré lo mejor de mí, es una relación Ganar - Ganar
Lo que obtengo es -	Sólo hago lo mínimo requerido y trato de que no lo noten	Haré mi trabajo, pero buscaré nuevas y mejores Oportunidades
	No tengo visión personal, no se hacia donde voy	Tengo una visión personal clara, y mi trabajo tiene significado para mí.

Cambemos el escenario, ahora lo que recibo de la empresa es positivo, aún soy una persona sin visión, pero haré un buen trabajo, me siento a gusto y seguro. Analicemos nuestro último escenario, soy una persona con una visión personal definida y mi trabajo es algo que hago con gusto. El resultado será entonces, daré lo mejor de mí, es una relación donde todos nos beneficiamos. Allí es donde queremos a nuestros empleados.

Desafortunadamente, en nuestras organizaciones gran parte de los empleados se encuentran en los cuadrantes inferiores.

Una organización puede ser rentablemente exitosa debido a infinidad de factores tales como: alta demanda, precios altos, poca competencia, etc., ¿pero eso nos hace efectivos? ¿tener alto desempeño?

Estadísticas a nivel mundial, muestran que menos del 33% de los empleados en una organización están comprometidos con los objetivos y planes estratégicos del negocio.

Aún con el creciente conocimiento de estos hechos, no se ha registrado un incremento de este número en la última década.

Este mismo año, las mediciones según Gallup en los Estados Unidos de América, las cifras son: 51% neutrales, 16% sin compromiso y 33% comprometidos, prácticamente sin variación. Sólo en Estados Unidos se estiman pérdidas en más de US\$ 500 billones por baja productividad de los empleados.

Creo que tiene que ver con lo conversado anteriormente, aun cuando somos personas con mucha adaptabilidad y deseamos hacer cambios, en realidad no sabemos cómo llevarlos a cabo, no podemos ponerlos en acción.

¿Cómo aumentar el compromiso "Engagement" de los empleados? Cómo llegar a estándares de Clase Mundial con más de 67% según Gallup? ¿Tendrá algo que ver el Clima Organizacional?



## ¿QUÉ ENTENDEMOS POR CLIMA ORGANIZACIONAL?

Una definición común es: El clima laboral es uno de los aspectos más importantes para una empresa y lo podemos definir como el conjunto de condiciones sociales y psicológicas que caracterizan a la empresa, y que repercuten de manera directa en el desempeño de los empleados.

A mi entender, el clima está dado por lo que los empleados sienten y perciben de su lugar de trabajo y tiene que ver mucho con qué tan seguro te sientes en tu empresa, saber que no importa cuál sea la situación presente, puedes contar con el apoyo de tus compañeros, que los líderes están allí para ti y reconocen y aprecian tu valor en la organización. En pocas palabras es primordialmente confianza. Existen otros factores que influyen en el clima los cuales discutiremos en su momento.

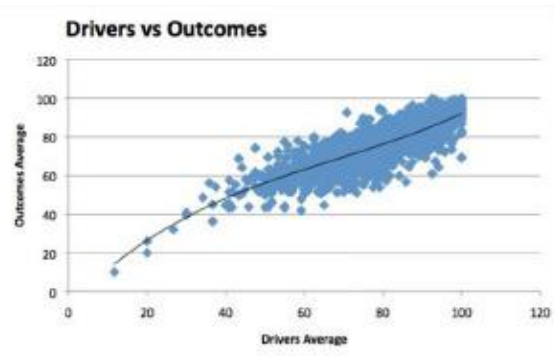
### ¿CUÁLES SON LOS PRODUCTOS MÁS IMPORTANTES, CON LOS QUE MEDIMOS EFECTIVIDAD EN LAS ORGANIZACIONES?

Recientemente, Six Seconds realizó un estudio en más de noventa y cinco (95) países, involucrando 1675 líderes y sus equipos, se les preguntó cuáles resultados mejor definían el desempeño de una empresa. Por supuesto se discutieron diversos aspectos, pero finalmente estuvieron de acuerdo que estos cuatro son los más significativos: PRODUCTIVIDAD, RETENCIÓN DEL TALENTO HUMANO, ENFOQUE A LOS "STAKEHOLDERS" O LA PARTE INTERESADA Y ÉXITO FUTURO. Para aclarar el término Stakeholders, este se refiere a todo aquel que tiene intereses en la empresa; es decir, tiene afectación al negocio o es afectado por él. Los típicos son: accionistas, directivos, empleados y clientes. Sin embargo, también, bajo el concepto establecido, nuestros proveedores de servicios e insumos, la comunidad, gobierno y asociaciones de comercio, también deben ser considerados.

Continuando con el estudio, se encontraron cinco "drivers" o motores que impulsan los productos mencionados anteriormente: productividad, retención, enfoque a los stakeholders y visión de futuro.

Lo más interesante de esta investigación fueron los resultados en cuanto a predictibilidad del modelo. Se comprobó que estadística y conjuntamente, el 60% de variación en el desempeño de las empresas es predecible por

estos signos vitales. Es decir, que el 60% de todos los factores que afectan la productividad, retención, éxito futuro y enfoque a la parte interesada, son directamente influenciados por los cinco drivers.



### ¿CUÁLES SON ESOS MOTORES O "DRIVERS" QUE AFECTAN LOS RESULTADOS DE LAS EMPRESAS?

Esos cinco factores los denominamos signos vitales. En analogía con los signos vitales humanos: presión arterial, ritmo cardíaco, temperatura, etc., los cuales son una medición del estado de tu salud; así mismo, podemos medir factores que muestren que tan saludable es tu organización. Equipos de trabajos de alta competencia, comparten un sello distintivo clave:

1. Las personas necesitan ese sentido de seguridad y bienestar de manera de poder atreverse a tomar riesgos, a innovar, a salir de su zona de confort para poder enfrentar los cambios necesarios para alcanzar el éxito, Confianza.
2. La gente necesita estar apasionada y comprometida para poder dar ese extra que los hace sobresalientes, Motivación.
3. Los trabajadores deben poseer alta adaptabilidad y ser innovadores, Cambio.
4. Se debe trabajar en colaboración y con excelente comunicación para poder aceptar los retos de estas nuevas organizaciones, Trabajo en Equipo.
5. El personal necesita estar enfocado, concentrado y responsable en sus deberes, Ejecución.



Podríamos entonces definir que la Motivación es la fuente de energía necesaria para superar los retos, alcanzar las metas y mantener el compromiso. Trabajo en Equipo es colaboración para lograr alcanzar una meta, requiere un sentido de propósito compartido y de pertenencia. Ejecución es la habilidad de alcanzar resultados estratégicos implementando acciones tácticas efectivas. El Cambio es la preparación y alistamiento para innovar y adaptar en situaciones que evolucionan continuamente. Confianza es el sentimiento de fiabilidad, fe y certeza la cual genera la disposición para el riesgo y promueve el éxito de los otros controladores. Juega un rol protagónico y central dentro de los Signos Vitales.

Ya definidos estos signos vitales, podemos mostrar el modelo completo de Six Seconds donde se muestran los factores necesarios para el éxito de una organización: Utilizando el concepto en un Cuadro de Mando Integral CMI, podemos considerar cuatro aspectos fundamentales:

Eje horizontal representa a las Personas – Organización, como necesidades individuales vs. colectivas.

Eje vertical muestra Estrategias – Operaciones, como políticas o directrices a largo plazo vs. Acciones a corto plazo.

Sabemos a dónde vamos, LAS ESTRATEGIAS. Tenemos los medios para llegar allí, LA ORGANIZACIÓN. Estamos haciendo lo necesario para alcanzar las metas, OPERACIONES. Los trabajadores producen el resultado, LAS PERSONAS.

En este contexto, el liderazgo es esencial para mantener el balance de estos controladores.

## ¿CÓMO PODRÍAMOS DEFINIR LIDERAZGO?

Podríamos entonces decir, que el liderazgo es la habilidad para construir un clima de confianza

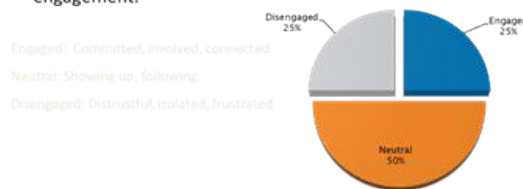
donde la gente esté altamente motivada, trabajando como un equipo, preparada para el cambio, y ejecutando las acciones necesarias para alcanzar resultados que aporten valor al proceso.



Es imperativo formar líderes en nuestras organizaciones que impulsen estos signos vitales.

### Sample: Engagement Index

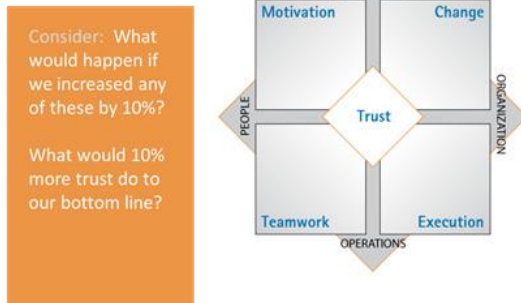
\* A summary of current climate is captured in employee engagement.



Consider: What percentage of our workforce is actually adding value today?

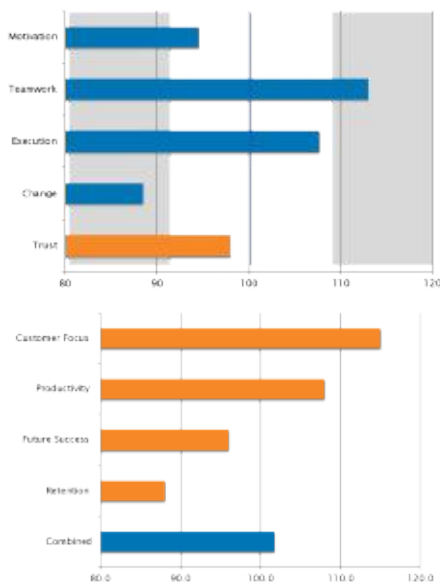
Vital Signs es una herramienta excepcional. En un reporte detallado OVS, nos habla sobre el clima organizacional en nuestras empresas. Indica el índice de compromiso, especificando el porcentaje de las personas comprometidas con el plan estratégico del negocio, aquellos que están neutrales y los que se encuentran desacoplados, aislados. Esta herramienta también está disponible para líderes LVS y equipos de trabajo TVS.

### The Vital Signs Model

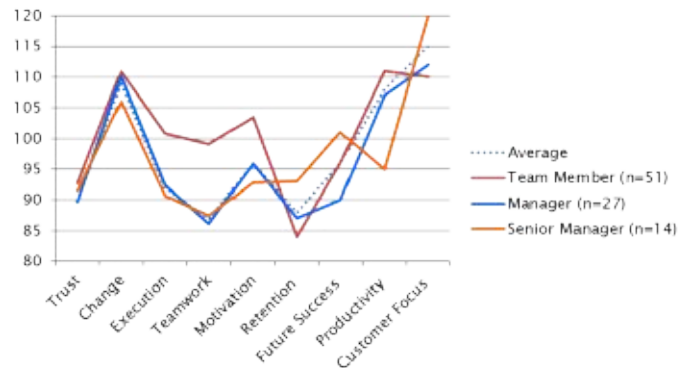


Imagínate que pudiera hacer un incremento del 10% en alguno de estos Drivers, digamos, CONFIANZA, en las ganancias netas del negocio. Puedo facilitar resultados de algunos casos reales en negocios donde sólo en seis meses han visto un incremento en su índice de compromiso de cerca de un 40%, alcanzando estándares de Clase Mundial. Claro esto va a depender que tanto los líderes de la organización y sus equipos de trabajo se embarquen en este tren.

Te muestra las métricas acerca del clima, cómo están esos drivers. El promedio es 100% y las zonas grises te muestran a la izquierda el 25% más bajo y a la derecha el más alto. También tienes resultados de los factores de éxito, recuerda: Productividad, Retención, Éxito a Futuro y Enfoque a los Stakeholders.



Mostramos también estos resultados de acuerdo a los roles o cargos dentro de la organización. Parece mentira, pero muchas veces existen brechas en los puntos de vista sobre el desempeño o efectividad dependiendo de la perspectiva de la alta gerencia, gerentes funcionales y miembros de los equipos de trabajo.



En el gráfico podemos observar discrepancias de cómo ven el trabajo en equipo, la motivación y productividad de acuerdo al rol.

Por ejemplo, la perspectiva en cuanto a productividad de la alta gerencia es muy por debajo, inclusive al promedio de la gerencia funcional y equipos de trabajo. Igualmente podríamos notar brechas en el driver Trabajo en Equipo.<sup>5,6</sup>

Se dan cuenta cuanta información valiosa para analizar y determinar cuál es la razón de esas diferentes percepciones.

### COMO REFLEXIÓN

El liderazgo es esencial para alcanzar los objetivos establecidos en el plan estratégico del negocio y para ello es esencial lograr el compromiso de todos los integrantes de la organización y no se trata sólo de dirigir, hay que tener la capacidad de poder transmitir la visión, crear un clima de confianza e involucrarse en el trabajo de equipo de modo de mantener la energía necesaria para lograr los cambios.

Muchos gerentes y supervisores se preguntan si ellos deban tomar roles como psiquiatras, psicólogos o padres de sus empleados. No exactamente, pero se espera de un buen líder ser un poco de cada uno, no resolviéndoles sus problemas, pero si ayudándolos a encontrar las respuestas.

*“La Sabiduría reside dentro de nosotros” Six Seconds The Emotional Intelligence Network.*

Me gustaría dejar para su reflexión, una frase de un famoso formador de líderes, el Sr. Richard Leider:

*“Las personas no abandonan las organizaciones, ellos abandonan a sus líderes”*

Autor:  
José Luis Rodríguez  
[jlr1255@gmail.com](mailto:jlr1255@gmail.com)

### REFERENCIAS

1. Lección, Diplomado de Confiabilidad Integral de Sistemas Productivos, Tópico: Confiabilidad Humana. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. 2010.
2. Qué es la confiabilidad humana. [www.reporteroindustrial.com/blogs/](http://www.reporteroindustrial.com/blogs/)
3. Freedman, Joshua. At The Heart of Leadership. San Francisco, California. Six Seconds Emotional Intelligence Press. 2007, 2012.
4. Freedman, Joshua y Ghini, Massimiliano. INSIDE CHANGE: Transforming Your Organization With Emotional Intelligence. San Francisco, California. Six Seconds Emotional Intelligence Press. 2010.
5. Ghini, Massimiliano y Freedman, Joshua. The Vital Organization: How To Create A High-Performing Workplace. San Francisco, California. Six Seconds Emotional Intelligence Press. 2014.
6. Stillman, Paul. “How Vital is Your Organization? Key Findings & Report on the 2017 Vitality Survey” EQ Business, Six Seconds. 2017.



**PREDICTIVA21**  
BUSCANOS EN TWITTER



@Predictiva21

*Síguenos!*



# GESTIÓN DE ACTIVOS

## ¿DE QUÉ ESTAMOS HABLANDO EN REALIDAD?

En el mes de Enero de este año, se cumplió cuatro años de la publicación de la serie de normas ISO 55000 sobre gestión de activos. La clásica norma británica BS PAS 55:2008 daba paso a una norma internacional para certificación de un sistema de gestión de activos. La principal diferencia: el alcance de la PAS 55 sólo era para activos físicos, la ISO 55000 abarca activos intangibles.

La PAS 55 graficaba su alcance en la siguiente figura:



En tanto, la ISO 55000, en su alcance, señala que puede ser aplicada a todo tipo de activos, incluidos los intangibles. La siguiente figura incluida en la ISO 55000:2014, nos remarca que la norma es de alcance organizacional.

Desde el lanzamiento de la serie de normas ISO 55000, mucha agua ha corrido bajo el puente, como suele decirse y “Gestión de Activos” es probablemente un término que de una forma u otra ha despertado nuestro interés.

Pero, al mismo tiempo, nos encontramos que para muchas organizaciones y personas aún no hay claridad sobre lo que la gestión de activos significa y que puede representar para ella la implementación de esta norma internacional.

En línea con estos cuestionamientos, el Grupo de Trabajo 4 del Comité ISO/TC 251 (Comité Técnico para los sistemas de gestión de activos y responsable por el desarrollo de la



serie de normas ISO 55000), publicó en mayo 2017 el documento “Managing Assets in the context of Asset Management” (Gestionando Activos en el contexto de la Gestión de Activos”).

El documento nos propone “Algunas ideas para promover conversaciones claras” para luego plantear la cuestión central: “Este documento aborda una simple pregunta: ¿Nos referimos a la Gestión de Activos o a Gestionando los Activos?”.

Parece un juego de palabras, que el mismo documento aclara líneas más adelante. “Gestionando los Activos” (Managing Assets) son “las cosas que hacemos a los Activos”, las cuales pueden ser ejecutadas con o sin una estrategia y un contexto organizacional

estructurado. Una organización gana más valor gestionando sus activos dentro de un contexto de propósito organizacional y estrategia que guíe su actividad y se convierta en Gestión de Activos.

Un Sistema de Gestión de Activos tiene un enfoque más amplio que simplemente gestionar los activos, involucrando muchos niveles de la organización y aplicándose a todas las funciones o departamentos.

Seguidamente el documento referido pasa a plantear algunas preguntas adicionales que nos ayuden en esta tarea de comprender lo que es la Gestión de Activos. A continuación presenté mi traducción de estas preguntas e ideas relacionadas.

**¿Cuándo hablamos de Gestión de Activos en qué tópicos nos enfocamos?**

La amplia aceptación que viene teniendo la “Gestión de Activos” como una disciplina, ocasiona que otras actividades vengán siendo renombradas como tal. Por ello es importante que podamos distinguir cuando estamos hablando de “Gestión de Activos”. El documento que venimos revisando expone luego una comparación entre los puntos en los cuales se enfoca “Gestionando los Activos” vs “Gestión de Activos”.

**Tabla 1**

Gestionando los Activos	Gestión de Activos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades del ciclo de vida y cuidado de los activos – disponibilidad, confiabilidad, dependabilidad y seguridad.</li> <li>• Ubicación, condición, extensión de vida y/o intervenciones en los activos.</li> <li>• Bases de datos, sistema (TI) y desempeño de los activos.</li> <li>• Gestión de personas, competencias y trabajo.</li> <li>• Presupuestos, KPI, costos de mantenimiento y desempeño actual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El propósito de la organización, qué activos necesita y por qué.</li> <li>• Valor, propósito y resultados de largo plazo.</li> <li>• Riesgo y contexto (mercados, clima, regulaciones, legislación, etc.).</li> <li>• Aproximación holística a los diferentes tipos de gasto (CAPEX<sup>1</sup>OPEX<sup>2</sup>).</li> <li>• Conducta colaborativa, rompiendo los silos internos y cadena de suministro.</li> <li>• Como los activos contribuyen al valor organizacional.</li> </ul>

## Cuando escuchamos hablar de Gestión de Activos, ¿en qué están enfocados realmente los demás?

El documento a continuación expone una comparación en los puntos en los cuales se enfoca “Gestionando los Activos” vs “Gestión de Activos”, desde la perspectiva, de los colegas, los stakeholders, alta dirección y proveedores.

**Tabla 2 - Colegas**

Gestionando los Activos	Gestión de Activos
Enfocados en: <ul style="list-style-type: none"> <li>Datos, ubicación y evaluación de la condición de los activos.</li> <li>KPI actuales.</li> <li>Presupuesto del departamento.</li> </ul>	Enfocados en: <ul style="list-style-type: none"> <li>Decisiones informadas (contexto estratégico y relacionadas las necesidades de los stakeholders).</li> <li>Estrategias para seleccionar y explotar activos sobre su ciclo de vida soportando los objetivos del negocio.</li> <li>Colaboración interdepartamental o interfuncional para optimizar las actividades y recursos.</li> </ul>

**Tabla 3 - Stakeholders (Partes interesadas)**

Gestionando los Activos	Gestión de Activos
Enfocados en: <ul style="list-style-type: none"> <li>Desempeño actual.</li> <li>Respuesta a fallas/mantener el funcionamiento.</li> </ul>	Stakeholders enfocados en: <ul style="list-style-type: none"> <li>Triple línea base y valor.</li> <li>Claridad de propósito de la organización.</li> <li>Enfoque en el impacto de las actividades sobre los objetivos de la organización.</li> </ul>

**Tabla 4 - Alta Dirección**

Gestionando los Activos	Gestión de Activos
Enfocada en <ul style="list-style-type: none"> <li>Ganancias/Pérdidas de corto plazo.</li> <li>Desempeño departamental/individual.</li> <li>Ahorros, especialmente de OPEX.</li> </ul>	Enfocada en <ul style="list-style-type: none"> <li>Valor de largo plazo para la organización.</li> <li>Desarrollar competencias y capacidades de la fuerza laboral.</li> <li>Entender y mitigar los riesgos del negocio.</li> </ul>

**Tabla 5 - Proveedores**

Gestionando los Activos	Gestión de Activos
Enfocados en: <ul style="list-style-type: none"> <li>Contratos y desempeño de corto plazo.</li> <li>Los acuerdos de nivel de servicio están enfocados en las especificaciones contractuales.</li> </ul>	Enfocados en: <ul style="list-style-type: none"> <li>Contratos de largo plazo y/o relaciones de socios en apoyo de los objetivos y valor para el cliente.</li> <li>Entender la estrategia del cliente y sus necesidades en 5 a 10 años.</li> </ul>

Es oportuno entonces, hacer una autoevaluación para identificar si nuestra organización está en el camino correcto que la conduzca a la “Gestión de Activos” con las características que garantizan el logro de los objetivos organizacionales.

AUTOR:

**VÍCTOR D. MANRÍQUEZ**

*vmanriquez62@yahoo.es*

Perú

# PREDICTIVA21

AHORA EN FACEBOOK



Predictiva21

*Me Gusta!*



# EVENTOS <sup>20</sup><sub>18</sub> DE MANTENIMIENTO

Del 9 al 11 de Mayo de 2018

## **XX CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTION DE ACTIVOS**

*Bogota, Colombia.*

Contactar: [portal@aciem.net](mailto:portal@aciem.net)

[www.aciemmantenimientoygestiondeactivos.org/home](http://www.aciemmantenimientoygestiondeactivos.org/home)

Del 5 al 8 de Junio de 2018

## **EXPO PACK MÉXICO 2018**

*Ciudad de México, México*

TLF: +52 (55) 454254

[info@expopack.com.mx](mailto:info@expopack.com.mx)

[www.expopack.com.mx](http://www.expopack.com.mx)

7 al 9 de Junio de 2018

## **CONGRESO DE MANTENIMIENTO Y**

### **GESTIÓN DE ACTIVOS**

*Buenos Aires, Argentina*

TLF: +54 (11) 4641-8518

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

25 al 28 de Junio de 2018

## **CONGRESO DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD**

*Hotel Plaza El Bosque – Nueva Las Condes*

+52 (477) 711 2323 ext.111

[contacto@cmc-latam.com](mailto:contacto@cmc-latam.com)

[cmc-latam.com/chile/](http://cmc-latam.com/chile/)

7 de Agosto de 2018

## **MUNDO MAXIMO, MAXIMO WORLD**

*Orlando, Florida Estados Unidos*

(239) 333-2500

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

Del 17 al 19 de Septiembre de 2018

## **CONGRESO DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD**

*Monterrey, México*

+52 (477) 711 2323 ext.111

[contacto@cmc-latam.com](mailto:contacto@cmc-latam.com)

[cmc-latam.com/mexico/](http://cmc-latam.com/mexico/)

Del 5 al 9 de Noviembre de 2018

14° Congreso URUMAN 2018

## **CONFIABILIDAD PARA LA COMPETIVIDAD**

*Montevideo, Uruguay*

+598 94275409

<http://www.uruman.org/>

# TALLERES ENTRENAMIENTO GE-Bently PARA VENEQUIP, STANG Y PDVSA

BHGE y E&M Solutions (representante Bently Nevada para Venezuela) impartieron talleres al personal de Stang Industrial y PDVSA en sus instalaciones ubicadas en San Tomé - Venezuela, y al personal de Venequip en las instalaciones de Maturín, sobre las bondades del Sistema de Monitoreo, Diagnóstico y Protección Bently Nevada aplicados a compresores recíprocos críticos. En el taller se mostró las bondades del sistema, la ventaja de poder realizar monitoreo en línea las 24 horas x 365 días, capacidad para almacenamiento de datos históricos, programación de puntos críticos de operación, performance y opciones de parada automática.

Los asistentes tuvieron la oportunidad de interactuar en el banco de prueba Recipkit y configurar diversas gráficas y ventanas en el System 1 que permitieron observar en tiempo real el comportamiento del equipo (presiones, temperaturas, vibraciones, posiciones de barra de pistón, etc.) a diferentes condiciones de operación.

Estos talleres forman parte del programa de formación técnica que ambas empresas adelantan con sus clientes para mejorar la Confiabilidad Operacional y optimizar la Gestión de sus Activos.





# SELECCIÓN DE POTENCIA DEL MOTOR ELÉCTRICO

## En Compresores Reciprocantes De Múltiples Etapas

Objetivos. Para la selección de potencia del motor eléctrico de un compresor recíprocante de multietapas y de gran potencia, es muy importante analizar cuidadosamente las recomendaciones dadas en el API 618, 5th Edición y las enmiendas (amendments) que hacen los usuarios (clientes) a las especificaciones asociadas al diseño del compresor. Son varias cláusulas relacionadas con la selección del motor, empezando con una de las más importante como la 7.1.2.2 que dice textualmente "For motor driven units, the motor rating, inclusive of service factor, shall be not less than 105% of the power required (including power transmission losses) for the relieving operation specified in 7.1.1.3, y esta última a su

vez hace el siguiente enunciado "The driver shall be capable of driving the compressor with all stages at full flow, and for discharging at the relevant relief set pressure". Estos dos enunciados no indican que la potencia del motor debe estar por encima (105%) de la potencia absorbida por el compresor teniendo en cuenta que las PSVs (Pressure safety valves) de cada cilindro deben estar descargando a la presión de ajuste (diseño) simultáneamente, y no sólo con la PSV de la última etapa como algunos fabricantes de compresores lo hacen.

Las PSVs deben ser ajustadas de acuerdo al punto 7.6.5, tabla 4 del API 618, 5th edición como se muestra a continuación.

**Tabla 1.**  
*Relief Valve Settings en Compresores Reciprocantes*  
(Fuente: API 618, 5th Edición, pag. 46)

Table 4 – Relief Valve Settings / API 618, 5th Ed. Dic. 2007, Pag. 46		
Rated Discharge Gauge Pressure (Each Stage)		Minimum Relief Valve Set Pressure Marging above Rated Discharge Gauge Pressure
bar	psig	
< 10	< 150	1 bar (15 psig)
> 10 to 170	> 150 to 2500	10 %
> 170 to 240	> 2500 to 3500	8 %
> 240 to 345	> 3500 to 5000	6 %
> 345	> 5000	See footnote a
"a" For rated discharge gauge pressure above 345 bar (5000 psig), the relief valve setting shall be agreed on by purchaser and the vendor		

No consider los estándares anteriores del API, no sólo afectarían la selección de potencia del motor (una potencia menor o muy ajustada para futuras mejoras en los cilindros del compresor), si no también las cargas de la barra del pistón.

Otra cláusula no menos importante en la selección de potencia del motor eléctrico es la 7.1.1.4, en la que indica "The driver shall be sized to accept any specified process variations such as changes in the pressure, temperature or properties of the fluids handled, and plant start – up conditions", sobre esta hay que tener

en cuenta cualquier condición de operación irregular (Upset condition) que algunos clientes la colocan en las enmiendas (amendments) del API 618 o en la hoja de datos del compresor que debe cumplir el motor seleccionado.

Para mostrar todo lo indicado anteriormente, veamos el ejemplo siguiente en la selección del motor eléctrico de un compresor para un servicio de Hidrogeno (H2 Make-Up compressor), 3 etapas y 3 cilindros, doble acción (DA), opuesto horizontal balanceado con las siguientes condiciones de operación.

Servicios	H2 Make-Up			H2 Recycle		
	1 era	2 da	3 era	1 era	2 da	3 era
Etapas						
Condición de Operación	Normal			Alternativo		
Peso Molecular	2,03			2,42		
Presión Succión @ Entrada Dámper, bar	26			26		
Temp. Succión @ Entrada Dámper, °C	40	38	38	40	38	38
Presión Descarga @ Salida Dámper, bar			205,3			205,3
Temp. Descarga @ Salida Dámper, °C						
Capacidad @ Entrada Compresor, kg/h (Wet)	5668,4					

**Tabla 2.**  
**Condiciones de Operación**  
**Compresor Reciprocante**  
**API 618, 5th Edicion**  
(Fuente: Hoja de Dato  
del Compresor Refineria  
Total Antwerpen)

Adicional a las condiciones de operación indicadas (hoja de datos API 618, 5ta Edición), el cliente especificó otra condición que puede ocurrir en la instalación, una condición irregular (Upset Condition) es a máxima presión de succión 28 bar y una temperatura mínima de succión 10°C.

Bajo las condiciones mencionadas anteriormente, se evaluaron diferentes ofertas haciendo hincapié en el cumplimiento de los estándares del API y especificaciones técnicas del proyecto, seleccionada a de mayor margen de seguridad y más conservativa con los siguientes resultados.

Calculo Condición Motor	H2 Make-Up			H2 Recycle		
	1 era	2 da	3 era	1 era	2 da	3 era
Etapas						
Condición de Operación	Normal			Alternativo		
Presión Succión @ Brida del Cilindro, bar	25,74	57,03	109,77	25,74	57,03	109,77
presión Descarga @ Brida del Cilindro, bar	58,39	112,29	207,37	58,39	112,29	207,37
Potencia en el Eje, kW	5671			5671		
Potencia Nominal del Motor, kW	6700			6700		
Margen a Potencia del Eje, %	18,1			18,1		
Presión Ajuste SRV (Safety Relief Valve), bar	64,5	123,5	224,0	69,0	127,0	224,0
Potencia Eje a SRV (Full Flow, API), kW	6301			6448		
Margen a SRV full flow, %	6,03			3,9		

**Tabla 3.**  
**Condiciones**  
**del Motor Eléctrico**  
**a Casos de Operación**  
**del Compresor**  
(Fuente: Burckhardt  
Compression AG)

De este primer corrido de los cálculos de las condiciones de potencia del motor dados por el fabricante del compresor se tienen las siguientes observaciones:

- o El margen de potencia del eje a condiciones normales de operación (118,1%) cumplen con lo indicado en el punto 7.1.2.2 del API (110%).
- o La presión de ajuste de las SRV (set pressure) cumplen con lo indicado en la Tabla 1 (Relief setting valve set pressure margining).

o El margen de las SRV a las condiciones de full flow para el caso alternativo (H2 Recycle) está por debajo (103,9) de lo indicado en el punto 7.1.2.2 del API (105%).

Debido a la desviación presentada en el margen de la SRV full flow en el caso alternativo, se le indicó al fabricante efectuar nuevos ajustes para cumplir con el estándar del API. De acuerdo a lo solicitado se obtuvo los siguientes resultados.

**Tabla 4.**  
**Condiciones del Motor Eléctrico a Casos de Operación del Compresor**  
(Fuente: Burckhardt Compression AG).

Calculo Condición Motor	H2 Make-Up			H2 Recycle		
	1 era	2 da	3 era	1 era	2 da	3 era
Etapas						
Condición de Operación	<b>Normal</b>			<b>Alternativo</b>		
Presión Succión @ Brida del Cilindro, bar	25,74	57,03	109,77	25,74	56,99	109,74
Presión Descarga @ Brida del Cilindro, bar	58,39	112,29	207,37	58,37	112,28	207,37
Potencia en el Eje, kW	5671			5672		
Potencia Nominal del Motor, kW	6800			6800		
Margen a Potencia del Eje, %	19,9			19,8		
Presión Ajuste SRV (Safety Relief Valve), bar	64,5	123,5	224,0	64,5	123,5	218,0
Potencia Eje a SRV (Full Flow, API), kW	6301			6298		
Margen a SRV full flow, %	7,9			7,9		

De acuerdo a estos últimos resultados, se observa que tuvo que aumentarse en 100 kW la potencia nominal del motor para satisfacer los estándar del API 618, inclusive con la condición irregular (Upset condition, 28 ba / 10°C), la cual

aunque no es una condición normal de operación, ya que puede ocurrir con poca probabilidad (de acuerdo a las condiciones ambientales de la zona donde opera el compresor), tal como se muestra a continuación.

**Tabla 5.**  
**Condiciones del Motor Eléctrico a Casos de Operación Upset Condition del Compresor**  
(Fuente: Burckhardt Compression AG).

Calculo Condición Motor	Upset Condition, 28 bar /10°C		
	1 era	2 da	3 era
Etapas			
Condición de Operación	<b>Normal</b>		
Presión Succión @ Brida del Cilindro, bar	27,63	65,70	120,77
Presión Descarga @ Brida del Cilindro, bar	67,47	123,92	207,37
Potencia en el Eje, kW	6100		
Potencia Nominal del Motor, kW	6800		
Margen a Potencia del Eje, %	11,5		
Presión Ajuste SRV (Safety Relief Valve), bar	64,5	123,5	224,0
Potencia Eje a SRV (Full Flow, API), kW	6312		
Margen a SRV full flow, %	7,7		

### CONCLUSIONES / RECOMEDACIONES:

- En las evaluaciones técnica de los compresores reciprocantes de múltiple etapas, es recomendable colocar como punto crítico de atención lo relacionado al diseño y selección de potencia del motor eléctrico de acuerdo a los estándares establecidos en el API 618 y las consideraciones en las especificaciones del cliente al proyecto desarrollado, cualquier desviación en las mismas transmitirlo al fabricante del compresor para su corrección.
- La selección de la potencia del motor debe ser siempre con todas las SRV (safety relief Valve) descargando a flujo completo (Full flow) simultáneamente y no sólo con la última etapa como algunos fabricantes pretenden efectuar, para de esa forma evitar efectos negativos en la carga de la barra del pistón y en la selección de la potencia del motor.

- El motor eléctrico debería ser siempre seleccionado con un mayor margen de seguridad de tal forma de garantizar que cualquier cambio o mejora en los cilindros del compresor en el futuro, evitarían las probabilidades de ocurrencias de fallas, además de evitar impactos en los costos de inversión y mantenimiento.

### REFERENCIAS

API 618 Reciprocating Compressor for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services, 5ta Edición, Diciembre 2007.

HP Reliability. Interpreting API Standard 618 for Reciprocating Compressor, January 2016.

### AUTOR:

MSC. ING PEDRO NAVA  
*Rotating & Reciprocating  
Equipment Engineer*  
*[pnav4@hotmail.com](mailto:pnav4@hotmail.com)*





# PREDICTIVA21

[www.predictiva21.com](http://www.predictiva21.com)

● ANUNCIA CON NOSOTROS