

Año 1, N° 3, Abril 2014

# PREDICTIVA 21

**MODELOS DE EVALUACIONES ADOPTADAS  
EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS**

**DEL INVENTO DE LA RUEDA A LA F1**

**CIFMERS: LO MÁS NOVEDOSO  
DEL FACILITY MANAGEMENT  
PARA IBEROAMÉRICA Y EL MUNDO**

**EL INGENIERO DE CONFIABILIDAD:  
PERFIL Y HABILIDADES**

**APLICACIÓN PRÁCTICA  
DEL TEOREMA DE BAYES  
PARA LA ESTIMACIÓN  
DE LA DISPONIBILIDAD  
EN ACTIVOS INDUSTRIALES**

# 10 AÑOS en CONSTANTE EVOLUCIÓN

CONECTAMOS EXPERIENCIA Y VISIÓN DE FUTURO



EMS Soluciones efectivas para la Gestión de Activos

**Mantenimiento y Sociedad**

Alargar el tiempo operativo de los equipos, reducir las tasas de consumo, incrementar la relación costo-beneficio, entre otros aspectos, son, en términos generales, los objetivos que persigue la Ingeniería de Mantenimiento en la industria mundial. El mantenimiento, primero reactivo, luego correctivo y finalmente predictivo y de gestión de activos, ha recorrido un largo camino desde que aconteciera en el mundo la primera Revolución Industrial, a mediados del siglo XVIII, en el norte de Europa. En todo este tiempo, el mantenimiento ha evolucionado a la par de la actividad industrial, aunque no siempre al mismo ritmo. Largos años de ensayo y error, establecimiento de bases teóricas y matemáticas, y dos Guerras Mundiales, seguido de la carrera espacial, han catapultado esta rama de la ingeniería hasta alcanzar actualmente un protagonismo sin precedentes en el escenario mundial. Predecir, calcular, priorizar y evitar sobre costos se ha convertido en el ideal del mantenimiento preventivo, evitando con ello las altas inversiones derivadas del mantenimiento correctivo. Atendiendo a esta preocupación constante, Predictiva21 ha recopilado en esta edición importantes trabajos técnicos que reflejan esta realidad y ofrecen diferentes enfoques sobre este punto. El mantenimiento ha dejado de ser una oscura disciplina ejecutada en los recodos de las empresas, para empoderarse ante la opinión pública como una rama de la ingeniería inherente al desarrollo mundial: mientras mejor funcionen los equipos, mejor funcionarán las industrias, con el claro beneficio que esto implica para trabajadores, inversionistas y empleados, con todos los valores agregados de sostenibilidad y rentabilidad que esto trae a las economías locales, regionales y mundial.

A grandes rasgos, mantener es preservar, y preservar es, en últimas, lo primero que nos distingue como especie, y a partir de ahí, lo que nos impulsa a crecer como sociedad. La complejidad del pensamiento humano y lo que significa pertenecer a la civilización humana, están enraizadas, a nivel profundo, con las más elementales necesidades de preservación. Como extensión, preservaremos también aquello que nos interesa. Y la actividad industrial es un área de alto interés, habida cuenta del impacto que tiene en nuestra civilización. Existe pues un innegable paralelismo entre esta rama del mantenimiento y el comportamiento humano o los sistemas ecológicos, en donde todo apunta a actuar para preservar y alargar la vida misma, con los mejores niveles de funcionamiento. Esperamos que disfruten de los resultados de este esfuerzo editorial, en donde ponderamos la más amigable relación entre el hombre y la máquina. Bienvenidos.

Enrique González  
Director General

**PREDICTIVA21****Junta directiva****Director General:**

Enrique González

**Director de Mercadeo:**

Miguel Guzmán

**Jefe de Información:**

Alimey Díaz

**Diseño y Diagramación:**

María Sophia Méndez

**Digitalización y Web Master:**

Edgar Guzmán

Miguel Herrera

Elio Luces

**Asistente Editorial**

Daniela Angulo

**Colaboradores:**

Arquimedes Ferrera

Carlos Díaz

Alexander D. Tavares

Brau Clemenza

Osberto Díaz

Emiro Vasquez

Victor Manriquez

Gerardo Trujillo

Lourival A. Tavares

Héctor Díaz

Enrique D. Villanueva

- 4** | El ingeniero de confiabilidad: perfil y habilidades  
*Artículo*
- 6** | CIFMers: lo más novedoso del facility management Para iberoamérica y el mundo  
*Entrevista*
- 10** | La semana internacional de la construcción y rehabilitación eficiente (sicre) incorpora el congreso Iberoamericano de facility managers: CIFMers  
*Empresas*
- 12** | Aprovisionamiento para garantizar la confiabilidad de la producción  
*Artículo técnico*
- 20** | Del invento de la rueda a la f1  
*Artículo técnico*
- 24** | La actitud y aptitud en el mantenimiento  
*Artículo*
- 26** | Aplicación práctica del teorema de bayes para la estimación de la disponibilidad en activos industriales  
*Artículo técnico*
- 32** | Instrumento de medición para diagnosticar la gestión del mantenimiento  
*Artículo técnico*
- 40** | Asociaciones de mantenimiento mundial y eventos  
*Infografía*
- 42** | El entrenamiento como pilar de la operación y mantenimiento en la industria  
*Artículo técnico*
- 46** | Gestión de mantenimiento no es gestión de activos  
*Artículo técnico*
- 48** | Modelos de evaluaciones adoptadas en la gestión de activos físicos  
*Artículo técnico*
- 54** | Aplicación de la metodología de análisis causa raíz. Caso: fallas recurrentes del sistema de distribución eléctrica en 34,5kv de un campo petrolero (II Parte)  
*artículo técnico*
- 60** | Revoluciones industriales en el mundo (II Parte)  
*Artículo técnico*
- 66** | Uso del programa life cpr – comsys© para la selección del accionador y el arreglo óptimo en plantas compresoras de gas (II Parte)  
*Artículo técnico*
- 72** | Practical application of the theorem of bayes for the estimation of availability in industrial assets  
*Technical paper*
- 78** | Do invento da roda a fórmula 1  
*Artículo técnico*

# El Ingeniero De Confiabilidad: Perfil Y Habilidades

Dentro de las ramas de la Ingeniería, la que se encarga de la Confiabilidad y Gestión de Activos debe contar con especialistas que no sólo sean expertos en la materia, sino que también respondan a un determinado perfil, pues de este derivarán sus decisiones y apreciaciones, lo cual a su vez incidirá en el trabajo a realizar.

Luego de 25 años de experiencia, he llegado a ciertas conclusiones, muy personales, de lo que debe ser las funciones de un ingeniero de confiabilidad. Más allá de lo que explican los libros y los teóricos en la materia, hay ciertas consideraciones que vale la pena revisar. En estos últimos nueve años, me ha tocado vivir algunos cambios significativos en el área de mantenimiento, específicamente como consultor especialista de varias empresas petroleras de importancia, y en la mayoría de estos casos he tenido que responder a preguntas que, aunque parezcan elementales y de dominio público, distan de ser así en realidad. Interrogantes como ¿qué hace o debe hacer el ingeniero de confiabilidad? o ¿cuál debe ser su perfil?, están a la orden del día en muchas empresas en todo el orbe y en algunos casos los CEO's de estas empresas nos preguntan para que necesitamos el área de confiabilidad, si ya tenemos mantenimientos, refiriéndose por supuesto a las áreas de Planificación, Programación y ejecución. Por supuesto desconocen totalmente el proceso.

Una de las formas más sencillas que he utilizado para explicar o hacer entender es el establecimiento una analogías, por lo que busco exponer, de manera sucinta, las

principales funciones de un ingeniero de Confiabilidad, tomando como referencia las que ejerce un médico internista. Curiosamente, ambas profesiones comparten similitudes. Leyendo un artículo sobre las funciones del médico internista, quedé fascinado de que tan fácil y gráfico podría responder a estas preguntas, por lo que lo cito a continuación:

“El internista posee un papel clásico como generalista hospitalario por su visión holística de los pacientes, capacidad integradora y mayor eficiencia a la hora de tomar decisiones diagnósticas y terapéuticas, que lo hacen imprescindible en los hospitales. Pero además cuenta con un plus al ejercer de “superespecialista” en patologías o áreas que carecen de titulación específica o formación reglada como puede ser hipertensión, riesgo vascular, crónicos, cuidados paliativos, infecciones y hospitalización a domicilio entre muchas otras; Este papel se vuelve también imprescindible en los hospitales de referencia y en muchos hospitales de área. La superespecialización, a la que se debe llegar a través de las Áreas de Capacitación Específica, debe ser un valor añadido a nuestro trabajo sin perder la condición intrínseca de internistas, que es la del médico que atiende globalmente al paciente.”

Es evidente, de acuerdo a la cita, que los médicos internistas son los expertos a quienes recurren los médicos de atención primaria y el resto de especialistas para atender a enfermos complejos cuyo diagnóstico es difícil, que se encuentran afectados por varias enfermedades o que presentan síntomas en varios órganos,

aparatos o sistemas del organismo.

Este artículo explica claramente lo que es y debe hacer un medico internista, y se puede extrapolar fácilmente para responder las interrogantes

acerca de qué es un ingeniero en confiabilidad y cuáles son sus funciones, tomando en cuenta que son esas las primeras interrogantes en una sesión de consultoría. Haciendo las comparaciones respectivas, tenemos que:

Medico Internista	Ingeniero de Confiabilidad
Debe tener una visión holística y de conjunto	Debe tener una concepción basada en la integración total y global y analiza los eventos desde el punto de vista de las múltiples interacciones que los caracterizan.
Superespecialista: tiene la capacidad de identificar el problema y tratarlo la mayoría de las veces, no está limitado a un solo órgano, aparato o sistema, por ejemplo, el dolor torácico, puede tener origen cardiaco, pulmonar, esofágico, osteomuscular y neuropático, entonces ¿quién es el indicado para abordar el problema?	Para mí este punto resume casi todo, igualmente el ingeniero de confiabilidad debe ser Superespecialista al analizar los problemas o fallas de equipos, pues en la mayoría de los casos una falla puede tener varias causas. Un ejemplo es cuando realizamos los análisis de causa raíz o causa – efectos, podemos ver que una alta temperatura de aceite lubricante de una turbina puede tener origen desde el enfriador, el tipo de aceite, las condiciones ambientales, las bombas, el proceso, etc.
Áreas de Capacitación Específica	Aunque actualmente existen diferentes centros de enseñanza que otorgan la titulación específica, la formación de un ingeniero de confiabilidad va más allá. Debe tener experiencia y conocimientos, así como una formación específica en las diferentes metodologías y herramientas disponibles para realizar los análisis y/o diagnósticos requeridos.
Atiende globalmente al paciente	Para cumplir con este objetivo, el ingeniero de confiabilidad debe saber manejar las diferentes metodologías de análisis y tener el conocimiento técnico básico en diferentes áreas o disciplinas.

Vale destacar que los Ingenieros de Confiabilidad son los expertos a quienes recurren los ingenieros y técnicos de mantenimiento que están en el día a día con los equipos y los especialistas (mecánicos, electricistas, instrumentistas, etc.) para atender problemas complejos de equipos cuyo diagnóstico es difícil, ya que se encuentran afectados por diferentes modos de fallas o que presentan diferentes causas. Creo que las similitudes entre ambos profesionales, salvando las distancias, son innegables.

De acuerdo a todo lo analizado anteriormente, existen tres cosas que el Ingeniero de Confiabilidad realiza mejor que cualquier otro especialista:

- Realizar diagnósticos complejos.
- Tratar problemas con múltiples modos de fallas, alojadas en diferentes tipos de equipos.
- Tratar modos de fallas que involucren invariablemente a muchas especialidades.

Ya para concluir, y esto lo debo recalcar para evitar una interpretación errónea, es que a pesar de la extensa preparación de los ingenieros de confiabilidad esto no evita, a su vez que por su formación inicial, también pueden ser expertos en otras disciplinas o equipos como en turbomaquinaria, bombas, electricidad, instrumentación, procesos, etc., al final son ellos los que en conjunto con los equipos naturales de trabajo analizan los factores de riesgo y determinen los pasos o metodologías, bajo ciertas guías y, usando términos médicos, propongan el tratamiento para combatir la patología o síntomas asociadas a una determinada dolencia.

AUTOR  
 Ferrera Martínez, Arquimedes José  
 Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones  
 E&M Solutions C.A. y E&M Solutions, S.A de C.V.

# CIFMers: Lo Más Novedoso Del Facility Management Para Iberoamérica Y El mundo

*El Congreso Iberoamericano de Facility Management se perfila como la plataforma que permitirá unificar criterios, contenidos, significados y metas en el mundo del FM, para Iberoamérica y el resto del orbe. Dirigido a todos aquellos profesionales que desarrollan su actividad en este sector, el CIFMers permitirá, entre otros aspectos, conocer y difundir las mejores prácticas y soluciones que desarrollan las empresas líderes del ramo.*

Una elevada apuesta la que ha hecho CIFMers, el Congreso Iberoamericano de Facility Management, para los profesionales del área de FM, y que tendrá lugar en mayo de este año en Madrid, España. Un buen número de asistentes inscritos presenciales, además de una importante franja de participantes online, hacen de este evento un “entorno único para conocer y darse a conocer”, según reza la página web del evento. Se entiende por facility management la práctica que, integrando los principios de administración de empresas, ingeniería y arquitectura, permite gestionar de la forma más eficientemente posible edificaciones e inmuebles en general, involucrando en ello factores como los usuarios y los servicios. El FM vela por el adecuado funcionamiento de los edificios y sus servicios, pero teniendo como foco central de estas actividades a los usuarios, que son los que, a la postre, habitan, ocupan y utilizan dichos inmuebles. Siendo una disciplina de reciente factura, se entiende el impacto que el CIFMers tendrá entre los practicantes del área del Facility

Management.

El evento está presidido por David Martínez, quien gentilmente ha accedido a ser entrevistado por Predictiva21, en el umbral del evento que probablemente marcará un antes y un después en el modo de ver, entender, desarrollar y comercializar el FM en Hispanoamérica y en otros países. El carácter integrador del congreso ha quedado de manifiesto en sus diversas propuestas, al abarcar áreas como energía y sostenibilidad, tecnología y herramientas, Real Estate y property, provisión de servicios, entorno de trabajo, además de certificaciones y normalización. Con esto se espera “dar cabida a profesionales de sectores que quizá desconocen su relación con el FM, creando sinergias y acercando puntos de vista” –explican los impulsores del evento, que además de transmitirá en vivo online, con traducciones simultáneas en portugués e inglés, elevando exponencialmente su alcance en la comunidad internacional.

1

**P21/ Por favor, hablemos un poco sobre su trayectoria en el medio, áreas de especialización y como llega a concebir CIFMers como evento.**



**David Martínez**

David Martínez/ Llevamos más de 15 años trabajando en el mundo de Facility Management, principalmente en consultoría y formación. En este tiempo hemos participado en muchos procesos de diseño de modelos o de implantación de soluciones, donde quien debería liderar estos proyectos queda relegado a un segundo plano, porque no tiene en su organización o el reconocimiento o la posición jerárquica necesaria para tomar las riendas. Es necesario que la figura del Facility Manager sea reconocida en un plano más estratégico del que ocupa en la actualidad y que las organizaciones reconozcan su importancia y el impacto para las mismas.

En este tiempo he ocupado posiciones en los consejos de las asociaciones de FM locales, europeas y en la actualidad estoy en el "board of trustees" la fundación internacional. Desde estos cargos me he dado cuenta de la necesidad de un evento meramente profesional, de calidad, transparente y dirigido a esos profesionales. Pongo un ejemplo, digo que los médicos tienen su congreso anual profesional donde van a aprender y a conocer lo que está pasando "ahí fuera" para luego aplicarlo a su día a día. Pues eso es lo que pretendemos con CIFMers, compartir con los mejores profesionales del sector sus experiencias y mejores prácticas en un entorno de colaboración para que luego lo apliquen a sus organizaciones.

**P21/ CIFMers como congreso se desarrolla en el marco de la Semana Internacional de la Construcción y Rehabilitación Eficiente, SICRE 2014, organizada por IFEMA. A su juicio ¿cuáles son los principales retos que afronta en este momento la actividad del Facility Management en el mundo, tomando en cuenta que es una disciplina relativamente nueva?**

2

DM/ El sector de la construcción es cíclico, pero el del Facility Management es constante. Siempre hay que mantener los inmuebles operativos y el portafolio de activos optimizado. Si se está en un ciclo de construcción, cuando más se tenga en cuenta la fase de operación más rentable es la inversión, si el ciclo es de opuesto, todos van a buscar optimizar y maximizar con lo que se tiene, o reducir espacio, o cambiar de sede. En ambos escenarios el facility management es una necesidad clara y estratégica. La situación de muchos países es, lamentablemente la segunda, por lo que impera la necesidad de ahorrar y optimizar. En este entorno las empresas que "dicen" que "hacen FM" afloran como una epidemia. Lo mismo ocurre con las empresas que dicen que ofrecen formación a estos profesionales. Una gran amenaza y un reto prioritario el controlar el intrusismo profesional del sector, que ocasiona un doble impacto negativo, tanto para el que recibe los servicios de forma personal como para la empresa que después de una pobre experiencia, desconfía del FM y de lo que le puede aportar.

Aconsejamos a los profesionales y empresas que se documenten bien sobre a quién acuden a contratar esos servicios y que nunca se queden con la primera opción. Hablar con otros colegas del sector puede ayudar.

3

**P21/ Uno de los planteamientos del congreso consiste en el establecimiento de las bases para la conformación de un canal continuo de investigación de FM en Iberoamérica. ¿En qué consistiría este canal? ¿Cómo piensan instituirlo y como sería el mecanismo de feed back?**

DM/ El grado de madurez o implantación de la disciplina es enormemente cambiante dependiendo de los países, incluso en un país de norte a sur el grado puede cambiar notablemente. El crear un canal continuo de colaboración e investigación supondrá una plataforma para poder “alinear” esos grados de madurez y poder aprender los unos de los otros. La idea es estructurar ese canal a través de las universidades y centros de formación de forma que sean ellos, los que de la forma más aséptica posible, ayuden a dirigir las labores a nivel local y las escalen a un nivel más global. Pueden apoyarse con proyectos de investigación a nivel Master o Doctorado e irán dirigidas a satisfacer necesidades o inquietudes aprobadas por los participantes de la red o canal.

El feedback se va a obtener de los resultados que nos aporte el mercado y del grado de aceptación de las conclusiones y recomendaciones de los estudios que se vayan llevando a cabo. La relación existente con asociaciones a nivel global nos servirá para escalar estos proyectos y darles visibilidad y coherencia en el ámbito global del FM.

4

**P21/ CIFMers como congreso se desarrolla en el marco de la Semana Internacional de la Construcción y Rehabilitación Eficiente, SICRE 2014, organizada por IFEMA. A su juicio ¿cuáles son los principales retos que afronta en este momento la actividad del Facility Management en el mundo, tomando en cuenta que es una disciplina relativamente nueva?**

DM/ El sector de la construcción es cíclico, pero el del Facility Management es constante. Siempre hay que mantener los inmuebles operativos y el portafolio de activos optimizado. Si se está en un ciclo de construcción, cuando más se tenga en cuenta la fase de operación más rentable es la inversión, si el ciclo es de opuesto, todos van a buscar optimizar y maximizar con lo que se tiene, o reducir espacio, o cambiar de sede. En ambos escenarios el facility management es una necesidad clara y estratégica. La situación de muchos países es, lamentablemente la segunda, por lo que impera la necesidad de ahorrar y optimizar. En este entorno las empresas que “dicen” que “hacen FM” afloran como una epidemia. Lo mismo ocurre con las empresas que dicen que ofrecen formación a estos profesionales. Una gran amenaza y un reto prioritario el controlar el intrusismo profesional del sector, que ocasiona un doble impacto negativo, tanto para el que recibe los servicios de forma personal como para la empresa que después de una pobre experiencia, desconfía del FM y de lo que le puede aportar.

Aconsejamos a los profesionales y empresas que se documenten bien sobre a quién acuden a contratar esos servicios y que nunca se queden con la primera opción. Hablar con otros colegas del sector puede ayudar.



5

**P21/ Como congreso se han planteado la necesidad del crear un diccionario de terminología de Facility Management, ¿qué beneficios directos se desprenden de esta iniciativa?**

DM/ En los años que llevamos trabajando en consultoría de FM, donde se involucran distintos países de habla hispana, nos hemos dado cuenta que muchas palabras no significan lo mismo dependiendo del país donde nos encontramos. A veces nos lleva más tiempo “traducir” los contenidos a cada regionalismo que el propio trabajo de consultoría.

Como el congreso va dirigido a los profesionales, y muchos de ellos son responsables de varios países latinoamericanos, nos pareció oportuno dedicar un espacio para crear este manual, que nos permitirá ayudarles con sus actividades internacionales. Aprovecharemos la presencia de representantes de casi todos los países latinoamericanos para que compartan con nosotros la forma en que se dicen esos términos en sus respectivos países. Aparte de los colaboradores presenciales, se ha establecido como un proyecto de crowdsourcing donde todo el mundo a través de la red, podrá aportar su granito de arena en el mismo. Hay que puntualizar que este diccionario es sólo para habla hispana. El resultado del proyecto se distribuirá de forma gratuita en la red.

**P21/ Tomando en cuenta que el congreso realizará el foro: El futuro del FM en Latinoamérica ¿CIFMers tiene planes para eventos futuros en LATAM? De ser así ¿dónde se realizarían los eventos? ¿Tendría Venezuela participación en eventos similares?**

Ese foro se llevará a cabo dentro del programa de CIFMers+ y tiene como objetivo establecer las bases de la situación del FM de forma global en todo Iberoamérica. El congreso tiene entre sus objetivos que en un futuro se celebre en distintos países, pero debemos garantizar un grado de madurez del mercado para poder garantizar el éxito y el apoyo de las asociaciones e instituciones locales. El coste de organizar un evento como este es considerable y debemos contar con los socios locales adecuados para que el evento esté a la altura del resto de las ediciones.

Desde el año pasado estamos celebrando unas jornadas que llamamos La Semana del Facility Management ([www.lsdfm.com](http://www.lsdfm.com)), que recorren distintas ciudades de Latam promoviendo la disciplina con actividades, foros, una mini conferencia y algo de formación. Este año hemos estado en Bogotá y después de CIFMers visitaremos la ciudad de Panamá, Santiago de Chile y México DF. Con el apoyo de esta su publicación, nos podemos comprometer desde ya a celebrar la primera LSDFM en Venezuela en el primer trimestre de 2015.

6

AUTOR:  
Alimey Díaz Martí

FOTOGRAFÍA:  
Cortesía CIFMers

# La Semana Internacional De La Construcción Y Rehabilitación Eficiente (SICRE) Incorpora El Congreso Iberoamericano De Facility Managers: CIFMers

En el marco de la I Semana Internacional de la Construcción y Rehabilitación Eficiente (SICRE), organizada por IFEMA y que se desarrollará los días 7 al 10 de mayo de 2014, tendrá lugar el Congreso Iberoamericano de Facility Managers, CIFMers. Este congreso abordará desde un punto de vista profesional las principales áreas que integran la actividad de los gestores de inmuebles y sus servicios asociados.

El congreso CIFMers, que se desarrollará los días 8 y 9 de Mayo, cuenta ya con el apoyo de todas las grandes asociaciones y organizaciones nacionales e internacionales del sector, así como el de muchas otras relacionadas con el mismo y que han encontrado en el congreso una fuente de conocimiento para mejorar su actividad.

Con el objeto de ilustrar el alcance global y la importancia de la actividad del Facility Manager y de conocer las mejores prácticas implantadas en la gestión de sus activos y servicios, CIFMers contará con más de 40 profesionales de 24 países, principales responsables de las distintas áreas del FM de las empresas más importantes a nivel internacional de la región Latinoamericana.

Bajo el formato de multiconferencia y seguida de una mesa redonda, los ponentes expondrán primero y debatirán después junto a un moderador sobre cada uno de los seis módulos en que se estructura el congreso: workplace, tecnología y herramientas, energía y sostenibilidad, property y Real Estate, provisión de servicios y, por último, certificaciones personales y normalización. Con este alcance, se garantiza un contenido completo y de gran valor para el profesional, trabaje donde trabaje en el entorno de FM.

El congreso CIFMers se complementará con dos foros: El futuro del FM en Latinoamérica y Mujeres en FM. Ambos serán espacios más distendidos donde compartir experiencias entre profesionales. Y, finalmente, CIFMers acogerá actividades de investigación que recogerán y analizarán los contenidos expuestos en los distintos bloques.

Además de poder asistir al congreso presencial en Madrid, CIFMers contará con una potente plataforma online que permitirá seguir todas las actividades en tiempo real. Esto permitirá participar y compartir la experiencia desde cualquier parte del mundo, no sólo desde los países de Latinoamérica. El ofrecer traducción simultánea en castellano, portugués e inglés garantiza la cobertura y acceso global para cualquier Facility Manager desde cualquier parte del mundo, haciendo el congreso más internacional si cabe.

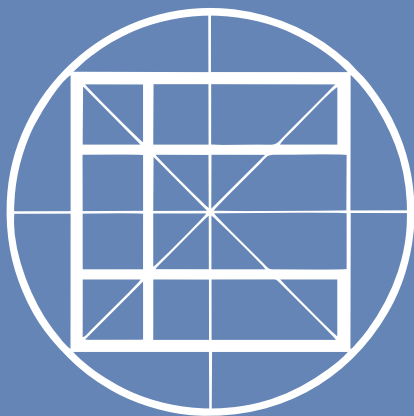
Es posible consultar el programa y detalles de inscripción en la web [www.cifmers.com](http://www.cifmers.com)

Contacto:  
Cristina Castelao  
[cristina.castelao@fm-house.com](mailto:cristina.castelao@fm-house.com)  
+34 636 482 334

EMPRESA:

CIFMers  
Congreso Iberoamericano de Facility Managers

Madrid, 12 de marzo de 2014



1. CIFMers es un congreso de Facility Managers para Facility Managers.
2. CIFMers tiene carácter puramente Iberoamericano pero está abierto al resto del mundo.
3. CIFMers cubrirá en sus contenidos la casi totalidad de ámbitos que abarca el Facility Management.
4. CIFMers es una plataforma para mejorar el reconocimiento personal del Facility Manager y de la disciplina en general.
5. CIFMers es una puerta del FM al mundo de la alta dirección.
6. CIFMers va a crear la máxima difusión posible de la disciplina dentro y fuera del sector.
7. CIFMers va a establecer las bases de un canal continuo de investigación de FM en Iberoamérica.
8. CIFMers servirá como puente entre el proceso de normalización ISO de Facility Management y la región LATAM.
9. CIFMers es una plataforma ideal de networking para profesionales y empresas que quieren desarrollarse en la región.
10. CIFMers es un evento regido por los más altos estándares de ética, modernidad y sostenibilidad.

# 8-9 MAYO

AUDITORIO SUR  
IFEMA | MADRID



www.cifmers.com

# CIFMers

Congreso Iberoamericano  
de Facility Managers

## Punto de encuentro iberoamericano de profesionales FM

Por primera vez **más de 40 profesionales**, principales responsables de las distintas áreas del FM de las **empresas líderes** a nivel internacional de la región Latinoamericana junto con los **principales representantes** de las **asociaciones más importantes de FM** a nivel mundial e iberoamericano se unen en un mismo evento para darnos las claves de las principales áreas que integran la actividad del Facility Manager.

### Bloques temáticos

- CERTIFICACIONES PERSONALES Y NORMALIZACIÓN
- TECNOLOGÍA Y HERRAMIENTAS
- ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD
- WORKPLACE
- PROPERTY Y REAL ESTATE
- PROVISIÓN DE SERVICIOS

### Difusión internacional

Retransmisión **ONLINE** en Español, Portugués e Inglés



### CIFMers +

Networking  
Foros y debates  
Workshop de investigación  
Tendencias y Futuro del FM

### Con la participación de



Para más información: [info@cifmers.com](mailto:info@cifmers.com)

# Aprovisionamiento Para Garantizar La Confiabilidad De La Producción

*El presente resumen tiene como finalidad mostrar una visión de cómo debe ser la gestión de aprovisionamiento de repuestos para poder garantizar confiabilidad operativa de una empresa de producción masiva, mostrando conceptos básicos logísticos, operativos, y de mantenimiento, engranándolos para mostrar una visualización global del tema. Además de mostrar un ejemplo de una empresa que presentaba problemas de confiabilidad operativa y de gestión de mantenimiento, también se esquematiza las alternativas de solución que aplicaron para poder superar la problemática que enfrentaban.*

## MARCO CONCEPTUAL

El Ph.D y profesor Porter (1985) , diseñador de la cadena de valor empresaria, o cadena de valor, explica que “es un modelo teórico que permite describir el desarrollo de las actividades de una organización empresarial generando valor al cliente final”. Donde las actividades primarias se refieren a la creación física del producto, diseño, fabricación, venta y el servicio posventa, y pueden también a su vez, diferenciarse en sub-actividades, directas, indirectas y de control de calidad. El modelo de la cadena de valor distingue cinco actividades primarias:

- Logística interna bilateral: comprende operaciones de recepción, gestionar los pedidos, seguimientos de los pedidos y distribución de los componentes. Es decir: recepción, almacenamiento, control de existencias y distribución interna de materias primas y materiales auxiliares hasta que se incorporan al proceso productivo.
- Operaciones (producción): procesamiento de las materias primas para transformarlas en el producto final. Es en esta etapa donde se procura minimizar los costos.

- Logística externa lateral: almacenamiento y recepción de los productos y distribución del producto al consumidor.
- Marketing y Ventas: actividades con las cuales se da a conocer el producto.
- Servicio: de posventa o mantenimiento, agrupa las actividades destinadas a mantener y realzar el valor del producto, mediante la aplicación de garantías, servicios técnicos y soporte de fábrica al producto.

Siendo la logística según el autor Ballou (2004), “la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes”.

Y la administración de la cadena de suministros mucho más amplia, incluyendo las funciones de marketing, y producción de una empresa, y las interacciones que se llevan a cabo entre empresas independientes legalmente dentro del canal de flujo de un producto. Es más en la

actualidad se añaden eslabones a esta cadena como parte integral de la administración de los suministros como es el desarrollo de productos, y los procesos de apoyo dentro de la cadena de valor al área productiva.

Uno de los elementos fundamentales dentro de la cadena de valor y la cadena de suministros de cualquier empresa es el proceso sustantivo de producción. Conociéndose como producción todo proceso a través del cual un objeto, ya sea natural o con algún grado de elaboración, se transforma en un producto útil para el consumo o para iniciar otro proceso productivo. La producción se realiza por la actividad humana de trabajo y con la ayuda de determinados instrumentos que tienen una mayor o menor perfección desde el punto de vista técnico.

Y la productividad, según la Real Academia de la Lengua Española, es “la capacidad o el nivel de producción por unidad de superficies de tierras cultivadas, de trabajo o de equipos industriales. De acuerdo a la perspectiva con la que se analice este término puede hacer referencia a diversas cosas, aquí presentamos algunas posibles definiciones”.

En tal sentido, para poder garantizar la productividad de un área de producción de una empresa es necesario gestionar los recursos de manera eficiente, para las unidades productivas muchas veces se requiere realizar reparaciones, ajustes, limpiezas y actividades de manutención a máquinas que ahí operan, y de esta manera evitar que se generen paradas no programadas causadas por agentes tanto internos como externos al proceso, trayendo como consecuencia una reducción de la cantidad de producto programado en un período determinado.

De ahí surge la necesidad del mantenimiento operacional, como proceso de apoyo fundamental de las industrias de manufactura y producción masiva, siendo definido éste por la European Federation of National Maintenance Societies como “todas las acciones que tienen como objeto mantener un artículo o restaurarlo

a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes”.

En tal sentido para poder llevar los indicadores para el seguimiento y control de la ejecución de los mantenimientos se han formulado los conceptos como son la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, entre otros. Para de esta manera poder mejorar las acciones técnicas y administrativas para el control de las tres aristas conocidas del mantenimiento de los equipos, conocidas como el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo respectivamente.

Según Díaz (1992) define confiabilidad como “el conjunto de disciplinas de la mantenibilidad, la disponibilidad, seguridad y la confiabilidad propiamente dicha. Teniendo como objeto estudiar el comportamiento de los equipos en el tiempo”.

Siendo la confiabilidad de que un sistema o equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado.

Por su parte la mantenibilidad es la probabilidad de que un dispositivo sea devuelto a un estado en el que se pueda cumplir su misión en un tiempo dado, luego de la aparición de una falla y cuando el mantenimiento es realizado en las condiciones y con los medios y procedimientos pre establecidos.

Para lograr la correcta ejecución de los mantenimientos es necesario garantizar la disponibilidad de insumos y repuestos, partiendo no simplemente de un proceso de compras, sino de un proceso de aprovisionamiento que no es más que el conjunto de actividades que desarrollan las empresas para asegurar la disponibilidad de los bienes y servicios externos que le son necesarios para la realización de sus operaciones, garantizando su adquisición, transporte desde el proveedor hasta el almacén del comprador,

control de calidad y cantidad, recepción hasta el ingreso al inventario del almacén.

## MARCO MODELO

### Organización modelo necesaria

Dentro de la cadena de valor organizativa se puede definir los procesos mínimos necesarios para garantizar la correcta operatividad de la empresa, sin implicar cambios radicales dentro de la estructura operativa. Un ejemplo de cadena de valor básica se puede visualizar en la figura 1.



Figura 1. Cadena de Valor Organizacional básica para empresa de producción masiva.  
Fuente: El Autor.

La estructura organizativa depende del tamaño y las labores que lleve a cabo cada organización, pero los procesos deben de ser básicamente los definidos dentro de la cadena de valor previamente mostrada, adaptada a cada empresa en específico, siendo designados como procesos medulares o sustantivos todos aquellos que agreguen valor directo al producto, y procesos de apoyos a todos aquellos que ayudan a que los procesos medulares se lleven a cabo de manera eficaz y eficiente.

### Funcionamiento modelo

Ahora bien es importante saber, luego de haber conocido los conceptos básicos de la temática a tratar, la importancia de la cadena de suministros dentro de cualquier organización, ya que ésta corta sagitalmente la organización en todos los procesos medulares, y alimentado a su vez a parte de los procesos de apoyo de la empresa. Una de las áreas a las que se le suele brindar mayor atención es la producción, ya que está es el brazo operativo de la empresa, que apalanca a la organización para logra cubrir la demanda del segmento de mercado a la cual satisface.

Pero surge la pregunta, ¿Cómo se logra mantener la producción dentro de la programación, sin interrupciones inesperadas?

La respuesta a esta pregunta se puede dividir de la siguiente forma:

A. Realizar una correcta gestión de aprovisionamiento de materia prima, para garantizar que no faltará material para poder ejecutar la transformación dentro del proceso productivo.

B. Diseñar una programación de mantenimiento preventivo, partiendo de la información que manejamos como empresa, a partir de ahí podemos crear las rutinas:

- *Plan de mantenimiento basado en las instrucciones del fabricante:* comúnmente empleado cuando se adquiere un equipo nuevo, o se instala una nueva planta, y no se posee registro alguno del desempeño de la máquina, ni de la vida útil de sus componentes, y menos aún de cuáles serían las causas de fallas recurrentes. Por tanto se crea un plan de mantenimiento basadas en las instrucciones del fabricante, que normalmente vienen incluidas en el manual de operación y mantenimiento.
  - Unas de las situaciones que hay que evaluar es que cada fabricante intenta llegar al objetivo de calidad exigido por el mercado al mínimo costo posible. Además de que a veces no les conviene solventar fallas en los equipos, así que las rutinas de mantenimiento planteadas por ellos deben de ser evaluadas y mejoradas.
- *Plan de mantenimiento basado en protocolos genéricos:* El siguiente paso podría ser agrupar los sistemas presentes en la planta, los equipos y elementos de máquina, que compongan cada sistema, y se realizan rutinas estandarizadas, clasificadas por tipo y capacidades, elaborando protocolos que sean comunes, y luego de eso se hace más fácil la correcta ejecución de los mantenimientos, distribuyéndolos en el tiempo según las necesidades de cada proceso productivo, respetando las horas de funcionamiento para evitar fallas en los equipos, y reducir su disponibilidad.
  - Es necesario agrupar los sistemas de la manera más sencilla posible, ejemplo: sistema de aire comprimido, sistema de acondicionamiento de aire, sistema de aguas blancas, etc. Y conocer los componentes de cada sistema, e intentar y describir los protocolos lo más detallado posible, por cada uno de los equipos en sus rutinas diarias, mensuales, trimestrales,

semestrales y anuales, según sea el caso del requerimiento.

- *Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad:* como siguiente nivel al plan de mantenimiento basado en protocolos genéricos, es necesario llevar un registro estadístico de las fallas más frecuentes, que generan demoras en los procesos productivos, y obligan a bajar la velocidad de producción o la potencia de la máquina en falla, o avería, que causa la parada total de la unidad, y a veces de una línea de producción completa; se procede a realizar un levantamiento completo y agrupación de los tipos de sistemas, equipos y elementos que lo conforman, y se crean rutinas de mantenimiento genéricas, tomando en consideración las mejoras a las rutinas planteadas por el fabricante, en función de los conocimientos adquiridos por la práctica, el seguimiento y control de los mantenimientos ejecutados, el historial de averías, y los mantenimientos correctivos realizados en las líneas de producción, y sus respectivos equipos auxiliares o de apoyo.

La confiabilidad de un elemento puede ser caracterizada a través de distintos modelos de probabilidades. Se realizan los diagramas de distribuciones de fallas comunes y se analizan para extraer sus causas y posibles soluciones, y de esta manera generar un aprendizaje para gestionar los recursos de mantenimiento. Convirtiendo el conocimiento ganado de ellas en acciones proactivas de mantenimiento, de manera tal de poder comprender el problema que se tiene con un equipo o sistema determinado, que finalmente se podría convertir en cuello de botella dentro del proceso, que reduciría la cantidad de producción, impactando negativamente en la confiabilidad de las operaciones.

El objetivo es entender el problema, pronosticar fallas y analizar riesgos para tomar mejores decisiones de mantenimiento. Estas decisiones impactan el momento elegido para reemplazo, reparación u Overhaul de Maquinaria, como así

también optimizar cualquier otra tarea de gestión del mantenimiento principalmente las inspecciones y gestión de repuestos.

C. Gestionar de manera efectiva y eficiente la cadena de suministros y aprovisionamiento de repuestos para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, y predictivo (en caso de tenerlo), además de un stock mínimo para caso de contingencias o de cualquier correctivo que se generen, que puedan retrasar el proceso.

- Para ello hay que realizar una planificación detallada de las necesidades de repuestos y consumibles para cada mantenimiento, y basándose en el estudio sistemático de las paradas correctivas y su frecuencia, y la cantidad de consumibles agotados por período, se debe de estimar un stock mínimo y los puntos de pedido.

- Si se calcula mal el punto de pedido y se queda por debajo de la demanda programada y prevista de un repuesto, produciendo bien sea exceso de horas de operación sin mantenimiento, acarreado consigo un mayor desgaste de los elementos de los equipos, reduciendo así su confiabilidad, o peor aun paradas de las unidades, sin tener piezas de recambio, que trae consigo paradas prolongadas de sistemas y hasta líneas productivas, reduciendo o paralizando por completo la producción, corriendo el riesgo de perder un mercado en específico por desabastecimiento de producto.
- Si se calcula por exceso, la empresa incurriría en unos costes innecesarios por inmovilización de existencias, y costos de almacenamiento de productos, por baja rotación del inventario.

**Organización Caso de Estudio**

Se plantea como caso de estudio una empresa de consumo masivo, fabricante de productos alimenticios, que llamaremos a partir de ahora "Alfa", ubicada en la República Bolivariana de Venezuela, ésta empresa tenía problemas con paradas prolongadas en sus líneas de producción, no podían crecer dentro de un mercado muy competitivo, y constantemente tenían que realizar jornadas de sobre

tiempo para poder sacar la producción requerida por mercadeo, y muchas veces no lograban llegar la meta. Mostrando serios problemas operativos. Algunas de las causas estudiadas para poder evaluar la situación de la empresa Alfa se muestran en el diagrama de Ishikawa de la figura 2. 7

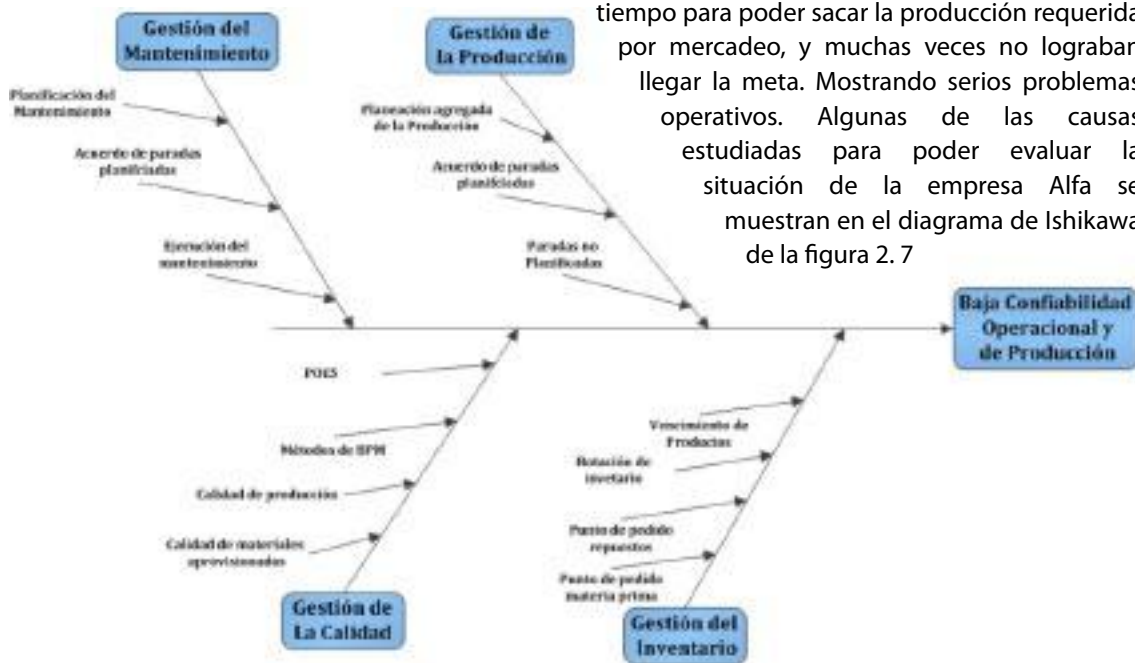


Figura 2. Cadena Causa efecto de los problemas de confiabilidad operacional de la Empresa Alfa. Fuente: El Autor.



## MARCO EXPLICATIVO

Ahora bien, al estudiar la problemática de la empresa Alfa se pudo visualizar las causas mostradas en la figura 2, y aplicando el método de Pareto se determinó que las causas que influían en mayor medida en la baja confiabilidad productiva de la empresa eran las que se desarrollan a continuación:

**Planificación del Mantenimiento:** La organización Alfa, llevaba un sistema de planificación de mantenimiento basado en las instrucciones de fabricante; no habían tomado la previsión de diseñar indicadores y toma de datos estadísticos de las paradas y sus posibles causas. Trayendo como consecuencia paradas correctivas recurrentes que no eran consideradas para un replanteamiento de la planificación.

Además se pudo ver que no se poseían pautas detalladas para la ejecución del mantenimiento, y mucho menos vinculación con los repuestos y consumibles asociados a cada mantenimiento, así que les era difícil prever la cantidad y tipos de repuestos necesarios para la ejecución de cada mantenimiento, y mucho menos del plan completo.

Al no levantar estadísticas también se tiene como consecuencia el no saber exactamente cuál es la causa de la recurrencia de cada falla, que generan las paradas, porque podrían ser también repuestos de mala calidad.

- En tal sentido se planteó el crear en principio planes de mantenimiento basados en procedimientos estándares, donde dentro de estos procedimientos se debía detallar los pasos a seguir para la ejecución de cada uno de los mantenimientos, además de vincular las actividades a los repuestos y consumibles que se emplearía en la ejecución. Esto por dos motivos importantes, el primero, poder tener los repuestos a la mano antes de la ejecución del mantenimiento, y evitar intervenir la máquina sin tener todas las piezas de recambio que deben de ser sustituidas; y segundo para poder proyectar el consumo de repuestos para la ejecución del plan anual, y el respectivo cálculo de punto y tiempo de pedido. Además estas estadísticas también formarán la base para poder desarrollar

posteriormente un mantenimiento centrado en la confiabilidad, con el cálculo de indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad, y estadísticas para reducción de paradas no programadas y reducir exponencialmente los mantenimientos correctivos en la Planta.

**Gestión del Inventario:** El inventario de repuestos en la empresa Alfa era muy deficiente, era muy común que al momento de ejecutar un mantenimiento, fuera planificado o no, no se contara con los repuestos y consumibles necesarios para su ejecución. Prolongando de esta manera en casos de fallas catastróficas y de averías, la ejecución del mantenimiento y la puesta en marcha del proceso productivo.

Los constantes quiebres de inventarios ocasionaban paradas de líneas de producción, o en mejor de los casos, reducción de velocidad de las líneas de producción, formando de esta forma cuellos de botella.

La mayor parte de los repuestos que consume la empresa Alfa son importados, y en un país con control cambiario, es necesario tomar en consideración el tiempo de adquisición de las divisas, además de las características del aprovisionamiento. En ésta organización el departamento de compras muchas veces cambiaba los términos de las contrataciones (según Incoterms), CIF, otros FOB, y en otros casos DDP. Además de los tiempos rectores de nacionalización y liberación de las cargas en la aduana.

Las constantes paradas de las líneas de producción generaban además problemas con los inventarios de materia prima, puesto que al ser productos perecederos, en ocasiones existía merma del producto por vencimiento dentro de los almacenes de materia prima.

- Para éste problema se planteó como alternativa de solución llevar estadísticas de los repuestos y consumibles empleados realmente en cada mantenimiento, y los faltantes para la correcta ejecución, con esto se podrá realizar el cálculo más real del punto mínimo de pedido dentro del stock y el límite superior por insumo. Además realizar un estudio del tiempo promedio en el cual la administración de la empresa Alfa se tarda en

la adquisición de divisas, revisar con cada proveedor las características de las condiciones de contratación internacional, que para ésta empresa en específico la recomendación fue hacerla DDP. También se le recomendó hacer un plan de desarrollo de proveedores nacionales, para poder mejorar los tiempos de entrega de éstos proveedores, y poder garantizar la entrega a tiempo y con la calidad requerida de los consumibles y repuesto de fabricación nacional. Al garantizar la confiabilidad del mantenimiento y de la producción, se dará base para poder garantizar también la confiabilidad de las operaciones, y se reducirán las mermas por vencimiento de la materia prima, y se podrá cumplir con las metas de ventas fijadas por mercadeo, permitiendo ser a la empresa más competitiva.

**Planeación Agregada de la Producción:** La empresa Alfa se veía muy afectada por las constantes paradas del proceso productivo, generando fuertes retrasos en la producción de los lotes, la gerencia de producción frecuentemente tomaba la decisión de generar sobre tiempo para poder cumplir con la meta, además de generar gran cantidad de mermas por desperdicios en las constantes paradas y arranques de las maquinas, y merma de materia prima por vencimiento, por la baja rotación del inventario por las largas paradas de las líneas de producción.

- Una vez solucionado el problema de mantenimiento se podrá revisar la disponibilidad de las líneas de producción, y su eficiencia, y esta manera se podrá parametrizar de una mejor manera la planeación agregada de la producción. De esta forma se verán reducidas las jornadas de sobre tiempo, y las mermas de producto a causa de vencimiento de materia prima y por las paradas y arranque constantes de las líneas de producción.

**Acuerdo de Paradas Planificadas:** A causa de las continuas paradas de las líneas de producción, y la gran cantidad de cuellos de botella dentro del proceso productivo, generado por máquinas trabajando a menos de su capacidad por deterioro de sus sistemas, la gerencia de producción se negaba a entregar las unidades a la gerencia de mantenimiento para ejecutar el plan de manutención preventiva. Aludiendo que “las máquinas era más el tiempo que están averiadas que las que están produciendo, y los números no están cuadrando”, así que normalmente no existía un acuerdo entre producción y mantenimiento para poder intervenir las máquinas dentro del plan de mantenimiento preventivo. Como se puede visualizar en el cuadro1, se realizó un estudio sistemático de las paradas y sus causas, para la mejora de las líneas de producción y del proceso en sí.

		Tiempo de Paradas Enero - Marzo 2012 Trimestre antes de aplicar los Cambios (Horas)	Tiempo de Paradas Abril - Junio 2012 Trimestre después de aplicar los cambios (Horas)
Tipo de Parada	Nombre de la Parada		
	Micro Paradas		
	Falta de material de alimentación	5,5	2
	Atasco de canal de entrada	3,5	1,5
	Atasco en canal de salida	4,5	0,85
	Rotura de cinta metálica	3,2	0,2
	Rotura de material de empaque	3	2,8
Paradas Prolongadas	Mantenimientos Correctivos	78	6
	Mantenimientos Preventivos	23	36
	Falta de Materia Prima	5	1
Sumatoria de horas de parada		124,7	90,35
Tiempo requerido de producción en el trimestre		504	
INDICADORES			
Cantidad de Unidades Producidas:		64.512.000	76.608.000
Productividad (unida. /hr)		384.000	456.000
Disponibilidad		80,17	94,32
		100 X Mean Up Time / (Mean Up Time + Mean Time To Repair)	

Cuadro 1. Estadísticas e indicadores basadas en micro paradas.

Fuente: Autor.

- Basándose en la reestructuración del plan de mantenimiento, y del proceso de aprovisionamiento a tiempo de repuestos, se debe de hacer un compromiso real entre las dos gerencias, producción y mantenimiento, para la correcta ejecución del plan, las planeaciones agregadas de producción y mantenimiento deben de concatenar, para poder cumplir con las metas de producción, con eficacia y eficiencia, con unidades con altos niveles de disponibilidad y confiabilidad. Generándose una gran reducción en las micro paradas de planta, como se puede visualizar en la figura 3; demás de un incremento en la disponibilidad de las unidades productivas, y a su vez una mejora sustancial en la planeación agregada de la producción, reduciendo las jornadas extraordinarias de trabajo, y un incremento en la productividad y eficiencia del área de producción.

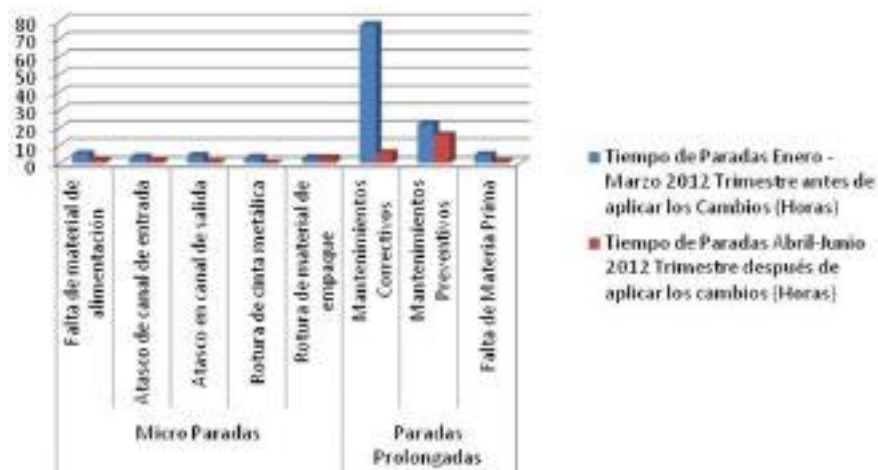


Figura 3. Reducción de micro paradas de producción.

Fuente: El Autor.

- Se plateó realizar reuniones de coordinación mensual entre las gerencias, para poder coordinar y ajustar las fechas de la planificación anual, distribuyéndolas en los días del mes que permitieran producir lo requerido por línea, y no generara gran desfase en la planificación del mantenimiento.

Finalmente la empresa Alfa al aplicar los correctivos planteados, lograron incrementar sus niveles de producción en un 23% en el ejercicio del primer año, reduciendo además en 15% las mermas por desperdicio, 38% las mermas por vencimiento de la materia prima, la gestión de mantenimiento permitió tener una disponibilidad de 82%, aumentando así la confiabilidad de las líneas de producción, reduciendo las jornadas de sobretiempo de forma exponencial.

AUTOR:

Carlos Alberto Díaz Palacios  
Ingeniero en Mantenimiento Mecánico

#### REFERENCIAS

- Ballou, R (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministros*. Prentice Hall, México.
- Porter, M (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*.
- Díaz, A. (1992). *Confiabilidad en mantenimiento*. Ediciones IESA, Caracas, Venezuela.
- <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>.



## Del Invento De La Rueda A La Formula 1

En los Congresos Internacionales de los últimos años, por lo menos unos 50% de las Conferencias tratan de Gestión de Activos, una vez que, con la evolución tecnológica, la globalización y la competitividad, cada vez más las empresas deben buscar ser mas eficientes y eficaces manteniendo un alto nivel de calidad, tiempos de entrega adecuados, eliminación de riesgos de accidentes y de contaminación.

En este año 2014 vamos tener aprobada la nueva norma internacional ISO 55000 que reglamenta procedimientos para el tema donde destacamos algunos conceptos importantes (1):

“Gestión de Activos: Actividad corporativa organizada que busca la generación de valores por los activos”

“Actividad también se refiere a la aplicación de elementos del Sistema de Gestión de Activos”

“El término Actividad corporativa tiene un significado amplio y puede incluir, por ejemplo, los planes y sus aplicaciones”

“La generación de valores normalmente involucrará el balance entre costos, riesgos, oportunidades y beneficios de mejoría de desempeño”

“Los valores pueden ser tangibles e intangibles, financieros o no-financieros e incluyen consideraciones de riesgo y confiabilidad”

“Vida del Activo: Período desde su concepción hasta su descarte”

“Costo de Ciclo de Vida: Las etapas que involucran la gestión de costos en la vida de un activo”

Además esta misma norma indica que:

“La Gestión de Activos involucra el equilibrio de costos, oportunidades y riesgos a través del desempeño deseado, para lograr los objetivos organizacionales. El equilibrio debe ser considerado en diferentes marcos de tiempo.”

“La gestión de activos orienta a una organización para examinar la necesidad y el rendimiento de los activos y sus sistemas, en diferentes niveles. Además, orienta la aplicación de los enfoques analíticos a la gestión de activos en las diferentes etapas de su Ciclo de Vida (el cual puede comenzar con la concepción de la necesidad del activo hasta su desactivación e incluye el manejo de cualquier posible eliminación de los pasivos innecesarios)”

Donde, se destaca el texto:

“en las diferentes etapas de su Ciclo de Vida (el cual puede comenzar con la concepción de la necesidad del activo hasta su desactivación e incluye el manejo de cualquier posible eliminación de los pasivos innecesarios)”

Lo que refuerza la condición de búsqueda permanente de acciones que generen valores, eliminando los desperdicios de insumos, tiempos e improductividades de forma que permita que la empresa siga progresando, aun cuando las condiciones de mercado sean desfavorables.

Por lo tanto la Gestión de Activos no involucra solamente el mantenimiento, sino también a toda la corporación. Además que el término

“activos” no se refiere solamente a los “activos físicos” y si a todo tipo de activo como el capital humano, los estándares, los procedimientos etc., donde se considera que la función mantenimiento pasa a ser la más indicada para hacer la coordinación del proyecto, que debe estar orientado para los enfoques financiero y estratégico.

Presentamos, a continuación, un recorrido en algunos hechos de procedimientos, técnicas, métodos, propuestas y situaciones que nos conllevan a la aplicación de la Gestión de Activos hasta el día de hoy (y que justifican el título de este trabajo).

Se puede decir que todo empieza con la primera revolución industrial (2). En el Siglo XIX con la mecanización de las industrias surge la necesidad de las primeras reparaciones.

Hasta 1914 las máquinas eran robustas y superdimensionadas y el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo efectivo de operación. Con el advenimiento de la Primera Guerra Mundial y la implantación de la producción en serie instituida por Ford, las fábricas pasan a establecer programas mínimos de producción y, en consecuencia, sintieron la necesidad de crear equipos que pudiesen efectuar reparaciones en máquinas en el menor tiempo posible. Así, surgió un órgano subordinado a operación, cuyo objetivo básico era de ejecución de mantenimiento, hoy día conocido como correctivo.

Esta situación se mantuvo hasta la década de 1940, cuando, en función de la Segunda Guerra Mundial y la necesidad de aumentar la rapidez de producción, la alta administración pasó a preocuparse, no solamente de corregir fallas sino también de evitar que las mismas ocurriesen, razón por la cual el personal técnico de mantenimiento pasó a desarrollar el proceso de Prevención de averías (basada en el tiempo y de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes) que, juntamente con la Corrección, completaban el cuadro general de

Mantenimiento.

En los años 50, con el desarrollo de la industria para satisfacer los esfuerzos de la posguerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los Gerentes de Mantenimiento observaron que, en muchos casos, el tiempo empleado para diagnosticar las fallas era mayor que el tiempo empleado en la ejecución de la reparación y seleccionaron grupos de especialistas para conformar un órgano asesor que se llamó PCM - Planificación y Control de Mantenimiento. En este mismo periodo se desarrolla el Análisis FODA (3).



Análisis FODA

La tecnología de información vigente estaba basada en los gigantescos mainframes que rodaban los primeros sistemas de control de estoques - actividad pionera de inserción entre gestión y tecnología. La automatización era cara y lenta (aunque demandaba menos tiempo que los procesos manuales), y para pocos (4).

En 1960 la IATA (International Air Transport Association) teniendo en cuenta que las acciones preventivas tradicionales no garantizaban la seguridad de los vuelos, empieza a desarrollar los conceptos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (5).

En la segunda mitad de los 60 y a lo largo de los 70, con la difusión de las computadoras, el fortalecimiento de las Asociaciones Nacionales de Mantenimiento, creadas al final del periodo anterior y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, el PCM pasa a contar con una área especializada en análisis, la Ingeniería de Mantenimiento, que pasó a calcular y analizar los Indicadores de Mantenimiento. Además aparecen en este periodo los CMMS (Sistema Computarizado para la Administración del Mantenimiento que ha evolucionado a los actuales EAM (Sistemas de Administración de Activos de la Empresa).

Aparecen los MRP's (Material Requirement Planning - "Planeamiento de las Requisiciones de Materiales"), antecesores de los Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning)

Se pasa a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, con el objetivo de optimizar el desempeño de los grupos de ejecución del mantenimiento. Esos criterios, conocidos como Mantenimiento Predictivo o Previsivo, fueron asociados a métodos de planificación y control de mantenimiento automatizados, reduciendo las tareas burocráticas de los ejecutantes del mantenimiento.

En este mismo periodo aparecen el TPM (Mantenimiento Productivo Total - 1971) donde se implementa el llamado "mantenimiento autónomo", o sea, algunas actividades de mantenimiento pasan a ser desarrolladas por el operador.

En 1980 las plantas generadoras de electricidad que funcionan con energía nuclear y el Instituto para la Investigación de la Energía Eléctrica, con el objetivo de abatir costos (más que mejorar la calidad del producto) modifica el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en forma tan profunda que ha dado lugar a la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO).

En 1982 hay un estancamiento de la producción (tasas negativas en Gran Bretaña y en los países europeos), aumento espectacular del desempleo, (Estados Unidos registra en un solo mes medio millón de desempleados más), la producción industrial cae en Gran Bretaña al nivel de 1967 y, por primera vez desde 1945, el comercio mundial cae durante 2 años consecutivos. Se producen cierres de empresas y despidos masivos a un nivel jamás visto desde la depresión de 1929. Comienza a desarrollarse una tendencia que va a continuar creciendo desde entonces. Regiones enteras de rancia tradición industrial ven el cierre sistemático de fábricas y pozos mineros y el paro se dispara hasta índices del 30%.(6). En la búsqueda de reducción de gastos se dejó de hacer

mantenimiento y la consecuencia fue el aumento de pérdidas de patrimonio y aumento de accidentes.

Inicio de las redes de computadoras conectadas a servidores - mas baratos y fáciles de usar que los mainframes. El MRP se transforma en MRP II (Manufacturing Resource Planning), que pasó a controlar también otras actividades como mano de obra y maquinaria. Nació el ERP (Enterprise Resource Planning) (4).

En 1986, se desarrolla en Estados Unidos la metodología de evaluación por el Radar que tiene como principales ventajas la simplicidad de aplicación y la posibilidad de obtener de los operadores y mantenedores la identificación de puntos fuertes y debilidades de la empresa.

En 1988 Taiichi Ohno (ingeniero chino, jefe de Toyota Motors Company), divulga los conceptos del TPS en la publicación "Toyota production system: beyond large-scale production, Productivity press" donde indica: "Los valores sociales han cambiado. Ahora bien, no podemos vender nuestros productos a no ser que nos ubiquemos dentro de los corazones de nuestros consumidores, cada uno de los cuales tiene conceptos y gustos diferentes. Hoy en día, el mundo industrial se vio obligado a dominar de verdad el sistema de producción múltiple, en pequeñas cantidades" (7).



En 1990 se crea la "North American Maintenance Excellence Award (EEUU)" cuyo objetivo es impulsar la calidad y competencia en el uso de las "mejores prácticas" y la identificación de las empresas líderes; así como la divulgación y el intercambio de las mejores prácticas, estrategias

y beneficios derivados de la implementación (8).

- 01) Trabajo en equipo
- 02) Contratistas orientadas a la productividad
- 03) Integración con proveedores de materiales y servicios
- 04) Apoyo y visión de la dirección
- 05) Planificación y programación proactiva
- 06) Mejoramiento continuo
- 07) Gestión disciplinada de stock de materiales
- 08) Integración de sistemas
- 09) Gestión de paradas de planta
- 10) Producción basada en confiabilidad

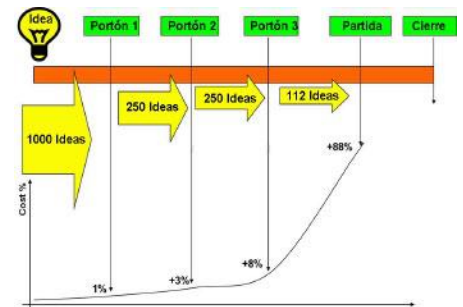
En 1991 Dupont presenta su propuesta de evaluación del Grado de Madurez de la empresa que, saliendo del nivel "Tradicional" se pasa al nivel "Transición" y se alcanza el nivel "Clase Mundial". Esta propuesta fue sucedida por la evaluación de McKinsey en 1995 donde se amplía de tres a doce pilares con cinco niveles en cada uno y, en 2000, por Tompkins Associates Inc. con siete pilares y cinco niveles en cada uno. En 1993 una nueva forma de gestionar era requerida y así nace el Institute of Asset Management (IAM), agrupando diversas empresas interesadas en compartir experiencias y mejores prácticas. Este instituto establece nuevas prácticas llamadas de Gestión de Activos que trajeron una revolución en el Reino Unido, Australia y Nueva Zelandia que, dos años después, ya tenían un grupo de compañías de estos países asociados al Instituto (8).

En 1998 se establece para diferentes mercados e industrias, la necesidad de crear las bases sólidas para el Asset Management y, en el 2003, se establece el comité de British Standard en Asset Management, que en mayo 2004 publican las especificaciones British Standard PAS 55 apoyada en las normas ISO 9000, ISO 14000 y OSHA 18000 (8). Los CMMS evolucionan a los EAM.

En 2005 se incorpora el mantenimiento en la filosofía FEL (Front End Loading), también conocida como "Planeamiento Preproyecto (PPP) o "Ingeniería Final del Inicio del Proyecto" (FEED) que es un método de desarrollo de

proyectos de capital (9).

En 2008 la gran aceptación de PAS 55 plantea la generación de otra norma ISO que considera todo lo que se ha venido haciendo hasta entonces pero de una forma más sistémica (8).



En el 10 de Agosto de 2010 el comité técnico de ISO decide por la creación de un Estándar Internacional para la gestión de activos basado en el documento de la PAS55 - La ISO 55000 (8). Hoy en día, el reto es rentabilizar el negocio con sustentabilidad haciendo que la gestión de activos físicos sea considerado como un negocio conduce a la aplicación de la ISO 55000 como guía para lograrlo.

AUTOR:

Alexandre Dias Tavares

#### REFERENCIAS

*Asset Performance Management Industry Trends*  
Paul R. Casto - Meridiun. 28o Congresso Brasileiro de Manutenção - Setembro 2013

*Mantenimiento Centrado en el Negocio.* Lourival Augusto Tavares, Marco Antonio Calixto, Paulo Roberto Poydo y João Esmeraldo Silva. Noria Latinoamerica - www.noria.com.mx.

*Significado de SWOT.* www.significados.com.br

*Sistema Integrado de Gestão Empresarial.* Wilkpeedia - Enciclopedia Libre.

*Evolución del mantenimiento.* Yrmeric Gonzalez  
*Blog mantenimiento 1.*  
<http://ugmamantenimiento12011.blogspot.com.br/2011/10/evolucion-del-mantenimiento.html>.

*Crisis económica (II) - Los años 80 - Treinta años de crisis abierta del capitalismo.* Revista Internacional el Abril 17, 1999. [http://es.internationalism.org/rint97-crisis#\\_ftn1](http://es.internationalism.org/rint97-crisis#_ftn1)

*Sistema Toyota de Produção.* Wilkpeedia - Enciclopedia Libre.

*Pilares que sustentan la gestión de activos físicos*  
Luis Amendola. Congreso Brasileño de Mantenimiento. Septiembre 2013

*Metodologia FEL - Metodo dos Portões.* Rodolfo Stonner.  
Blogtek.com.  
<http://blogtek.com.br/metodologia-fel-%e2%80%93-metodo-dos-portoes/>.

# La Actitud Y Aptitud En El Mantenimiento

Durante muchos años trabajando como consultor siempre he comentado que para construir una filosofía de trabajo de mantenimiento debemos comenzar con cambiar a las personas. Estoy casi seguro que muchos de ustedes coincidirán conmigo en que existen cuatro estilos o categorías que tienen que ver con la manera como se desenvuelven las personas dentro de cualquier proceso. En un primer estilo encontramos "LOS QUE CONSTRUYEN". Estos son visionarios, soñadores, emprendedores. Un segundo estilo de personas son: "LOS QUE MANTIENEN". Somos los que pensamos que es mucho más económico mantener que construir. En un tercer estilo tenemos: "LOS QUE NO HACEN NADA". Coloquialmente son los que ni lavan ni prestan la batea, son aquellas personas que no toman decisiones. Y por último encontramos: "LOS QUE DESTRUYEN". Estas personas junto a las que no hacen nada son las que estancan una sociedad llevándola hacia la desidia, atraso y caos. De igual manera, para el tema que nos compete, encontramos cuatro posiciones ante el Mantenimiento.

Una primera posición tiene que ver con la siguiente Actitud: "A LA GENTE NO LE INTERESA". A estas personas debemos incentivarlas para que se motiven, con la finalidad de que tomen conciencia de la importancia del mantenimiento. En la segunda posición encontramos la siguiente Aptitud: "LA GENTE NO SABE". A las personas que se encuentran en esta situación; debemos adiestrarlas, enseñarlas para que ejecuten las tareas eficientemente y con

seguridad. En una tercera posición encontramos la siguiente Aptitud: "LA GENTE NO PUEDE" Aun cuando están al tanto del conocimiento, no cuentan con las herramientas y equipos de soporte (buenos y modernos) para llevar a cabo las actividades de mantenimiento con calidad; a este grupo debemos dotarlos de los medios para que puedan ejecutarlo. Por último nos detenemos en la siguiente Actitud "LA GENTE NO QUIERE". Me refiero con esta frase "cuando no quieren hacer las cosas bien o simplemente no las quiere hacer". La decisión a tomar es el retiro de estas personas de cualquier organización. A lo largo de mi carrera profesional me voy convenciendo cada día más que sin esta mezcla de Actitudes y Aptitudes como: Conocimiento, Valores, Constancia, Compromiso, Orden, Transparencia, Control y Seguimiento no podemos alcanzar el éxito de una gerencia moderna y de calidad tanto de la empresa privada como de la gestión gubernamental. Un mantenimiento óptimo hay que construirlo progresivamente poco a poco con mucha firmeza, y con el concurso de todos los que queremos un cambio positivo para nuestra empresa y porque no decirlo, para el país.

AUTOR:

Brau Clemenza

Ingeniero Industrial

Msc. en Gerencia de Mantenimiento

Consultor, Conferencias y Articulista

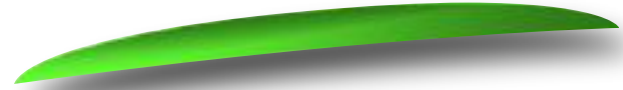




**INGENIERÍA**  
**GESTIÓN DE ACTIVOS**  
**CONFIABILIDAD**  
**MONITOREO DE CONDICIÓN**



**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**

# $P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$ Aplicación Práctica Del Teorema De Bayes Para La Estimación De La Disponibilidad En Activos Industriales

## INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de cualquier estudio de ingeniería de confiabilidad, una de las actividades clave para que los mismos sean realizados de manera efectiva, es la estimación de las tasa de falla y reparación de un activo. Con las cuales se pretende modelar de manera estadística la disponibilidad del activo empleando funciones matemáticas conocidas como distribuciones de probabilidad, a través del estudio de los tiempos de operación y tiempo fuera de servicio (ver figura 1).

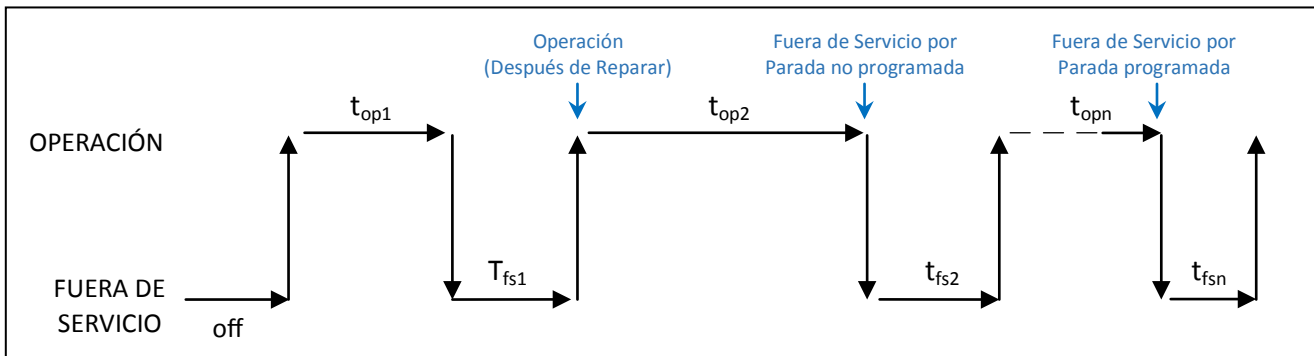


Figura 1. Tiempos de Operación y Fuera de Servicio de un Activo.

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo Promedio de Operación}}{\text{Tiempo Promedio de Op.} + \text{Tiempo promedio fuera de serv.}} \quad (1)$$

Donde para sistemas reparables:

- Tiempo promedio de Operación = Tiempo Promedio entre Fallas (TPEF)
- Tiempo promedio fuera de servicio = Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)

En este sentido, una incorrecta estimación de estos valores incidiría de manera negativa en los resultados obtenidos en los estudios realizados, puesto que estaríamos estimando en base a un comportamiento irreal del activo.

Es importante destacar que las tasas de falla y reparación podemos estimarla a través de fuentes de diversa naturaleza bien sea genéricas o específicas, es decir, podemos calcularlas a través del propio registro de fallas y reparación del activo o bien el uso de base de datos genéricas tales como OREDA, IEE 497, PARLOC, EXIDA, entre otras. E incluso se puede emplear la opinión de expertos, la cual usada de manera adecuada tratando de eliminar la subjetividad en la misma, es una fuente de información excelente.

En este orden de ideas, Yañez y otros, 2007, propone el uso del Teorema de Bayes para la estimación de tasas de fallas y reparación en equipos. El autor señala, que dicho Teorema, "permite la combinación, de forma estructurada y matemáticamente soportada, de la experiencia de otros (conocimiento previo) con la experiencia propia (evidencia), obteniendo de esta combinación tasas de fallas más representativas de la realidad operacional del proceso bajo análisis (conocimiento mejorado o actualizado)".

En el presente artículo se pretende mostrar de manera práctica y estructurada la aplicación del Teorema de Bayes en la estimación de la disponibilidad de dos turbo-generadores y del sistema de generación eléctrica a través de la simulación de Montecarlo.

A continuación, se muestra el procedimiento de estimación del mismo.

### Revisión del registro de fallas

En primer lugar se procedió a revisar el registro de falla asociados a los turbogeneradores. En la misma se constató que el historial no separa las fallas asociadas a la turbina y al generador, tal como lo establece lo norma ISO 14224:2006. Esto conlleva a que se analizara la unidad de turbogeneración como un conjunto completo.

A continuación, se muestra un resumen de los tiempos de operación y fuera de servicio de cada una de las unidades turbogeneradoras. Cabe destacar que dichos tiempos fueron alterados con el propósito de mantener la confidencialidad de los mismos.

Tiempos Entre Fallas		
387,58	1,91	1824,17
765,33	715,83	14835,5
1,67	3674,02	8
150,83	6502,17	0,58
0,25	137,33	2,33
4,83	3293,25	5,67
1,67	237,33	2
1	1	1,25

Tiempos fuera de servicio		
3505,67	786,5	1835,5
29,33	170,5	763,5
666	440,15	22,92
1367,67	704,5	72,67
2771,47	1381,75	649
1489	413	420,33
1583	0,83	248
223,42	5232,67	140,75

Número de Fallas: 24

Tabla 1. Tiempos de Operación y fuera de Servicio Unidad TG-100.

Tiempos Entre Fallas			
1178	227	2	92,5
815,83	254,75	3256	3079,5
148,75	838,83	552,5	1720,83
47,75	2335,33	70	2184,83
67,5	5529,48	1207,33	624,58
1109,48	2,75	857	48,5
266,67	2,167	931,33	1416,5
1899,83	533,5	1821,83	37,83
598,58			

Tiempos Fuera de Servicio			
223,5	1733,75	1742	3,67
2693	610,75	1	2216,08
669,42	24,5	1629,17	1
8229,75	5,17	6,5	22,5
2,5	20,5	70,08	6,5
2,25	4010,17	8,17	1
164,83	0,5	1	743,99
5,08	62,52	4,33	4,67
0,83			

Número de Fallas: 33

Tabla 2. Tiempos de Operación y fuera de Servicio Unidad TG-101.

Actualización de Tasa de Falla (Teorema de Bayes)

Seguidamente, en función de los datos anteriores y con el propósito de mejorar los tiempos entre falla y tiempos de reparación, se empleó el Teorema de Bayes aplicado a estudios de Confiabilidad, propuesto por Yáñez (2007). Puesto que, tal como se mencionó anteriormente, el mismo permite obtener tasas de falla que se ajusten más a la realidad operacional de la activo, empleando la combinación de la experiencia de otros (uso de datos genéricos) con la experiencia propia (registro de fallas). Ver Figura 2.

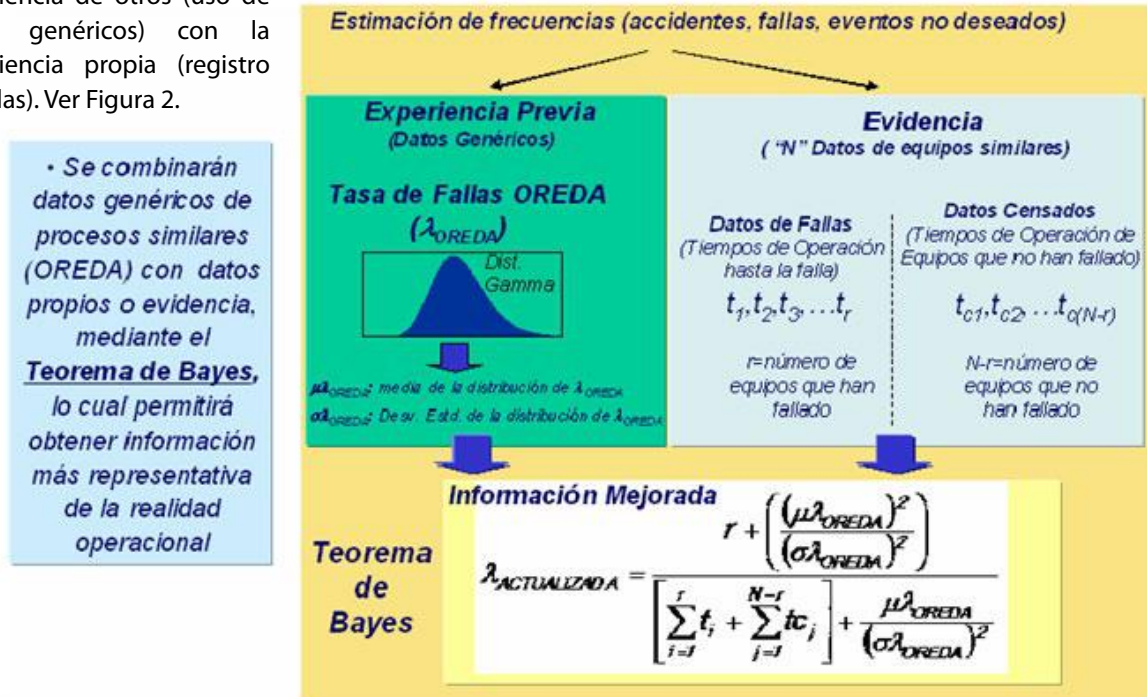


Figura 2. Modelo de Actualización de Tasas de Falla (Yáñez, 2007).

En cuanto a los datos genéricos, se emplearon los datos suministrados por el Offshore Reliability Data (OREDA, 2009), la cual es una base de datos completa que contiene datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos de exploración y producción de la industria petrolera y gasífera. Del mismo, se utilizaron todos los modos de falla cargados en la base de datos tanto para la turbina como el generador.

Datos	Turbina	Generador
Media OREDA ( $\mu\lambda_{OREDA}$ )	2303,45	324,68
Desv. Est. OREDA ( $\sigma\lambda_{OREDA}$ )	1624,29	319,45
Límite inferior	412,2	18,31
Límite Superior	5454,88	960,23
Escala	1145,53	312,65
Forma	2,01	1,04
TPPF <sub>OREDA</sub>	2302,5153	325,156

Tabla 3. Datos Genéricos Turbina-Generador.

Del registro de fallas se obtiene Para el caso del turbogenerador TG-100, se tiene de los datos:

Tiempo total	24918,0675
Nro. de fallas	24
$\mu$ OREDA	0,00262813
$\sigma$ OREDA	0,00165541

Dichos datos se sustituyen en la ecuación 2, del modelo:

$$\lambda_{ACTUALIZADA} = \frac{r + \frac{(\mu \lambda_{OREDA})^2}{(\sigma \lambda_{OREDA})^2}}{\left[ \sum_{i=1}^r t_i + \sum_{j=1}^{N-r} t_j \right] + \frac{M \lambda_{OREDA}}{(\sigma \lambda_{OREDA})^2}}$$

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tasa de Falla mejorada ( $\lambda$ )	0,0010483
<b>Tiempo Promedio entre Falla mejorado</b>	<b>953,93</b>

De la misma forma, se procedió a estimar la tasa de falla mejorada de turbogenerador TG-101, el cual se obtienen los siguientes datos del historial:

Tiempo total	33759,3008
Nro. de fallas	33
$\mu$ OREDA	0,00262813
$\sigma$ OREDA	0,00165541

Sustituyendo dichos datos en la Ecuación 2 se obtuvieron los siguientes resultados:

Tasa de Falla mejorada ( $\lambda$ )	0,0010231
<b>Tiempo Promedio entre Falla mejorado</b>	<b>977,42</b>

### Modelación del Diagrama de Bloques

Partiendo de la información de las tasas de fallas mejoradas, se construyeron los Diagramas de Bloque de Confiabilidad (DBC) con el objetivo de representar la arquitectura y la filosofía de operación del sistema de generación.

Para esto se empleó la herramienta RAPTOR 7 de la empresa ARINC, el cual permite modelar sistemas complejos, considerando la filosofía de operación y los tiempos de falla y de reparación. En este sentido, la filosofía de operación de las unidades turbogeneradores en condiciones normales de operación es bajo la filosofía k de n, 1 de 2. Es decir, un turbogenerador operando y el

otro de respaldo, el cual sólo entra en funcionamiento en caso de una parada programada o falla del otro turbogenerador. Además el turbogenerador TG-101 está instalado para operar sólo en caso de que el turbogenerador TG-100 entre fuera de servicio.

A continuación se muestra el diagrama de bloques propuesto:



Figura 3. Diagrama de Bloque de Confiabilidad unidades turbo-generadoras.

Es importante destacar que con el objetivo de simular las condiciones reales de operación y mantenimiento de los equipos, se consideraron paros programados por mantenimiento cada 10000 horas de operación, con una duración mínima de 72 horas, un máximo de 192 horas y un promedio de 168 horas.

### Simulación de Montecarlo para la estimación de Disponibilidad

Posteriormente, se realizó la simulación de los diagramas de bloques de confiabilidad (DBC) empleando la simulación de Montecarlo, la cual permite disminuir la incertidumbre en este tipo de análisis.

Los resultados de la simulación para 50 iteraciones para los próximos 10 años de operación, se presentan en la tabla 3:

Año	Media	Desv. Est.	Valor Mínimo	Valor Esperado	Valor Máximo
Año 1	99,85%	0,12%	99,65%	99,83%	99,97%
Año 2	99,82%	0,14%	99,59%	99,77%	99,89%
Año 3	99,86%	0,10%	99,70%	99,85%	99,96%
Año 4	99,81%	0,12%	99,61%	99,79%	99,94%
Año 5	99,80%	0,09%	99,68%	99,80%	99,92%
Año 6	99,79%	0,09%	99,66%	99,79%	99,91%
Año 7	99,82%	0,07%	99,73%	99,82%	99,92%
Año 8	99,80%	0,09%	99,69%	99,80%	99,92%
Año 9	99,78%	0,08%	99,71%	99,79%	99,90%
Año 10	99,79%	0,08%	99,68%	99,79%	99,89%

Tabla 3. Resultados obtenidos.

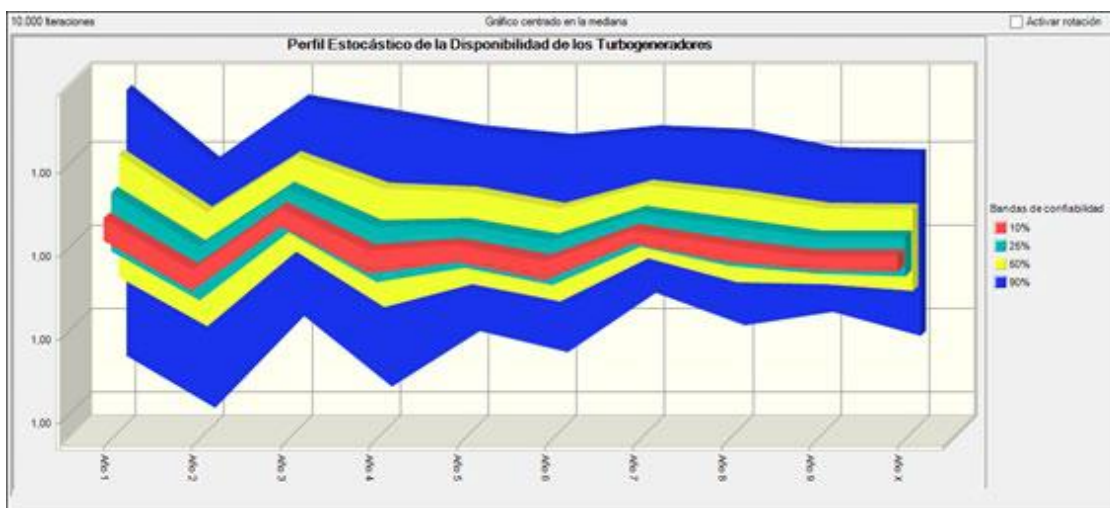


Figura 4. Perfil Estocástico de la Disponibilidad de los Turbogeneradores.

De igual forma en la figura 5, se muestran los resultados de los parámetros RAM para el año 10

Results from 50 runs of sim time 87600.000000:

Parameter	Minimum	Mean	Maximum	Standard Dev	SEM
Availability	0.996332196	0.997832937	0.999204060	0.000701288	0.000099177
MTBDE	864.203744	1638.308548	3501.211026	571.522883	80.825541
MDT	2.375729	3.231627	4.662389	0.517066	0.073124
Reliability	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
Conditional Reliability	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
System Failures	25	58.880000	101	17.389464	2.459242

Figura 5. Resultados de la simulación para el año 10.

### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De los resultados de la simulación se concluye lo siguiente:

La disponibilidad anualizada para el sistema de turbogeneración para el año 10, es de 99,79%, con un mínimo de 99,68% y un máximo de 99,89%.

El perfil estocástico muestra que los valores de Disponibilidad del sistema están por encima de los estándares internacionales, puesto que a lo largo del tiempo, la disponibilidad se mantendrá

## ARTICULO TÉCNICO

por una media por encima de 99%.

El tiempo promedio entre fallas del sistema es de 1638,30 con una desviación estándar de 571,52.

El tiempo promedio para reparar del sistema es de 3,23 horas, con un mínimo de 2,38 horas y un máximo de 4,66 horas.

En cuanto al número de fallas para los próximos 10 años, se tiene un mínimo de 25 fallas, un máximo de 101 y un promedio de 59 fallas.

Es importante destacar, que los resultados obtenidos deben ser actualizados con el enriquecimiento del registro de falla y reparación de los activos, debido a que las tasas estimadas se acercarían más a la realidad operacional de los mismos.

AUTOR:

MSc. Osberto Díaz

### REFERENCIAS

Yañez Medardo, y Otros. (2007) "Confiabilidad Integral, Un Enfoque Práctico", Tomo II, Metodologías. R2M.

ISO 14224. Industrias de petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos, 2006.

Ebeling, Charles. (2009) "An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering". Waveland.

O'Connor, Andrew. (2011) "Probability Distributions used in Reliability Engineering ". University of Maryland 2009.

APROVECHA  
LA OPORTUNIDAD  
Y ANUNCIA A  
**TU**  
EMPRESA

**PREDICTIVA**21

# Instrumento De Medición Para Diagnosticar La Gestión Del Mantenimiento

*Este artículo tiene como objetivo desarrollar un Instrumento de Medición que permita Diagnosticar la Gestión del Mantenimiento basado en las Normas PDVSA y Normas COVENIN de Venezuela. Para el diseño de este instrumento, primeramente se definieron doce (12) variables todos estos englobados en los factores de Mantenimiento Clase Mundial y para estas variables se obtuvieron un total de cuarenta (40) principios básicos que serán los evaluados y cuantificados apoyándonos en el formato de la Norma COVENIN 2500-93 "Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria", utilizando el sistema de deméritos. El Índice de medición de la Gestión de Mantenimiento, se mide de acuerdo a una estimación de un nivel dentro de una escala entre 0 y 100. Esta escala (Villamizar, 2007) determina los criterios en cada nivel, clasificando la Gestión en cinco etapas: Excelencia, Competencia, Entendimiento, Conciencia e Inocencia.*

## INTRODUCCIÓN

Para tener éxito, hoy en día las empresas deben de identificar y gestionar los riesgos de sus organizaciones, ya sean operacionales, financieros, estratégicos y de cumplimiento, lo que hace relevante analizar los factores de carácter interno o externo que generan estos riesgos. Este análisis ha dado como resultado que una de las organizaciones que representa mayor riesgo es la Gerencia de Mantenimiento, convirtiéndose su gestión en una función crítica para la Corporación. Por lo tanto se requiere diagnosticar la Gestión de Mantenimiento para determinar el grado de excelencia de la organización.

## ESCALA DE MEDICIÓN

El Índice de medición de la Gestión de Mantenimiento, se mide de acuerdo a una estimación de un nivel dentro de una escala entre 0 y 100. Esta escala (Villamizar, 2007) determina los criterios en cada nivel,

clasificando la Gestión en cinco etapas:

- 91-100% / Excelencia: Existe una Gestión de Mantenimiento Clase Mundial con las Mejores Prácticas Operacionales.
- 81-90% / Competencia: Existe una Gestión de Mantenimiento con tendencia a Clase Mundial, pero existen pequeñas brechas por cerrar. Es un sistema muy bueno con nivel de Operaciones Efectivas.
- 71-80% / Entendimiento: Existe una Gestión de Mantenimiento Básica, por encima del promedio. Se aplican algunas de las mejores prácticas de Mantenimiento Clase Mundial.
- 51-70% / Conciencia: Existe una Gestión de Mantenimiento Básica, pero se desconocen las mejores prácticas de Mantenimiento Clase Mundial o de las Filosofías de Mantenimiento existente. En promedio y con oportunidades para mejorar.
- 0-50% / Inocencia: No existe una Gestión de Mantenimiento Básica. Por debajo del promedio con muchas oportunidades para mejorar.



## DEFINICIÓN DE VARIABLES

Se definen y se conceptualizan las variables que serán estudiadas y que son las que permiten diagnosticar la Gestión de Mantenimiento.

En el plano mundial, existen diferentes autores que han definido diferentes variables para este tipo de diagnóstico. Este trabajo contempla el análisis de doce (12) variables resultante de las experiencias laborales en organizaciones de mantenimiento de PDVSA y englobados tanto en los factores de Mantenimiento Clase Mundial como en las normas de PDVSA y COVENIN. Aun cuando estas 12 variables están enmarcados en lo antes mencionados, el cumplimiento de estos factores solo representaría un estándar mínimo que debe ser considerado como buenas prácticas pero que no representan las mejores prácticas porque puede variar de acuerdo a las necesidades de cada organización.

Para cada una de estas variables se definieron sus principios básicos que permitirán lograr el cumplimiento de sus objetivos, obteniendo de esta forma un total de cuarenta (40) principios básicos que serán analizados y cuantificados. A continuación las variables y sus principios básicos:

### **Variable # 1: filosofía de gestión:**

*Principios Básicos:*

*Misión y Visión:* La organización de mantenimiento tiene establecida una misión y visión clara, que la identifica y es compartida por la mayoría de los trabajadores. La misión muestra el compromiso con la visión, indica el grado al que la organización alinea su estructura interna, políticas y procedimientos. La visión está definida con amplitud y detalle, es sistemática, involucra a todos los departamentos de la organización.

*Políticas y Objetivos:* La organización de mantenimiento tiene establecido políticas para la consecución de los objetivos, que sirven como guía para el planteamiento de metas y la elaboración de estrategias, todo esto incluido en

forma clara y detallada en un plan de acción para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas y activos a bajo costo.

*Informe de gestión:* La Organización cuenta con un informe detallado que permite registrar información del proceso de mantenimiento en forma sistemática. Se utiliza para apoyar a la gerencia general en el conocimiento de los avances reales del plan previamente establecido para cada uno los procesos de mantenimiento y de esta manera ajustar, corregir o mantener aquellos aspectos claves en el éxito de la gestión.

### **Variable # 2: dinámica organizacional:**

*Principios Básicos:*

*Roles y responsabilidades:* La organización de mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la empresa y posee un organigrama para ésta. Se tiene documentación escrita de los roles y responsabilidades para los diferentes puestos de trabajos requeridos en los departamentos dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.

*Autoridad y autonomía:* Las personas asignadas a mantenimiento cuentan con el apoyo de la gerencia, poseen autoridad y autonomía para el desarrollo, cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.

*Sistemas de información:* La Organización de mantenimiento posee un sistema de información que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento para la toma de decisiones (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, horas hombre, costos, información sobre equipos, entre otras).

### **Variable # 3: procesos de mantenimiento (normas pdvsa):**

*Principios Básicos:*

*Captura y diagnóstico:* La organización de

mantenimiento tiene definido un subproceso de captura y diagnóstico que cubre el área de mantenimiento predictivo e ingeniería de mantenimiento y comprende el proceso técnico y especializado de inspección del activo. En esta etapa se realizan análisis de integridad de las instalaciones, pruebas de capacidad, monitoreo de condiciones y registro de la información técnica para definir o evaluar cambios de ciclos o políticas de mantenimiento, garantiza la calidad, incluyendo las prácticas de ejecución de los servicios mediante inspecciones y auditorías técnicas de los mismos.

*Planificación:* La organización de mantenimiento tiene definido un subproceso de Planificación donde toma los resultados de Captura y Diagnóstico, integra los procesos estratégicos de mantenimiento, y establece la dirección mediante las políticas, planes de corto y mediano plazo, costos de actividades, estrategias de contratación, planes de procura y recursos humanos, para asegurar los costos óptimos y la integridad de las instalaciones y equipos.

*Programación:* La organización de mantenimiento tiene un subproceso de programación que toma los resultados de Planificación o las actividades no planificadas, para sincronizarlas en el tiempo. En este proceso se realiza la optimización y sincronización de las actividades diarias, semanales, se coordina el suministro de materiales e insumos necesarios para las actividades, se registra la información de costos y estadísticas de todas las actividades ejecutadas, atención de emergencias, se coordinan las guardias y disponibilidad del personal, recursos y empresas subcontratistas que sean necesarias para cubrir eventualidades.

*Ejecución:* La organización de mantenimiento tiene un proceso donde se ejecutan las actividades programadas. En este proceso se efectúa la ejecución del servicio y la entrega de la instalación. De ser necesario se gerencia el paro de planta y asegura la optimización de los recursos. Se garantiza el cumplimiento de normas de seguridad, salud higiene y ambiente.

*Cierre:* La organización de mantenimiento consolida, evalúa y analizan los resultados o salidas de los subprocesos anteriores, lo que implica la interacción y sinergia de todas las funciones para asegurar ante el cliente, la ejecución efectiva del mantenimiento. En este proceso se efectúa la retroalimentación del cumplimiento de los objetivos y apoya la dirección en la toma de decisiones de carácter estratégico, táctico y operativo.

#### **Variable # 4: mantenimiento operacional:**

*Principios Básicos:*

*Planificación del mantenimiento operacional:* La Organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos de trabajo para que las acciones de mantenimiento operacional sean ejecutadas en forma organizada. El departamento de operaciones tiene claramente establecidas las actividades diarias de mantenimiento operacional que deben realizar a los activos, tales como; limpieza cotidiana, tareas de lubricación, ajustes, apriete de tornillos o conexiones e inspección, algunos reemplazos y reparaciones menores. Estas actividades deben ser registradas y documentadas adecuadamente en el Sistema de Información para garantizar la comunicación eficaz con mantenimiento.

*Programación y ejecución del mantenimiento operacional:* La ejecución de las acciones del mantenimiento operacional están programadas de manera que el tiempo de ejecución es parte del proceso productivo, la frecuencia de ejecución está establecida y en su mayoría se realiza por cada rotación de guardia. La ejecución de este mantenimiento lleva consigo una supervisión operacional que permite controlar la ejecución de dichas actividades.

*Control y evaluación del mantenimiento operacional:* Existe un procedimiento de trabajo donde el departamento de operaciones en conjunto con el de mantenimiento disponen de mecanismos que permitan llevar los registros y control de este mantenimiento.

**Variable # 5: mantenimiento predictivo:***Principios Básicos:*

*Planificación del mantenimiento predictivo:* La Organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento predictivo se lleven en una forma organizada. Se tiene un programa de rutina de inspección predictiva en el cual se especifican las acciones con frecuencia desde diaria y hasta anuales a ser ejecutadas a los activos. La Organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo por medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, constructores, usuarios, experiencias conocidas, para obtener ciclos de inspección de los elementos más importantes.

*Programación y ejecución del mantenimiento predictivo:* La organización tiene establecidas instrucciones detalladas para inspeccionar cada elemento de los equipos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas inspecciones, distribuidas en un calendario anual. La programación y ejecución de estas inspecciones posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente sin interferir con las actividades de operaciones.

*Control y evaluación del mantenimiento predictivo:* La organización dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y la evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación.

**Variable # 6: mantenimiento preventivo:***Principios Básicos:*

*Determinación de parámetros:* La organización tiene establecido por objetivo lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de equipos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad, dispone de los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas.

*Planificación del mantenimiento preventivo:* Se cuenta con la infraestructura de apoyo requerida para realizar mantenimiento preventivo y dispone de un estudio previo que le permita conocer los equipos que requieren este mantenimiento.

*Programación y ejecución del mantenimiento preventivo:* Las actividades de mantenimiento preventivo están debidamente planificadas y programadas, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, sin interferir con las actividades de operaciones y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiera la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.

*Control y evaluación del mantenimiento preventivo:* En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo. Se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades de mantenimiento preventivo.

**Variable # 7: sistema de gestión y control de mantenimiento:***Principios Básicos:*

*Manejo de ordenes de trabajo:* Las ordenes de trabajo deben estar introducidas en el Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento, cuyo formato de orden debe ser adecuado: fácil de completar, sin duplicidad de información y que contengan todos los datos valiosos para su posterior análisis, en el se deben registrar y documentar todas las actividades de mantenimiento incluyendo mantenimiento operacional, predictivo, preventivo y correctivo.

*Sistema empleado:* El Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento no necesariamente tiene que ser un software de mantenimiento, puede ser una hoja de cálculo, para poder disponer de la información generada en cada orden y para su análisis. Debe cumplir con independencia de los datos (al cambiar la

estructura de algún dato no debe afectar la aplicación), integridad de los datos (debe existir restricciones que aseguren la correcta introducción, modificación y borrado de los mismos, no debe existir redundancia de datos) y seguridad (debe existir diferentes niveles de acceso para diferentes tipos de usuarios).

*Información generada:* Los informes que genera el Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento deben ser sencillos, claros y proporciona información normalizada y sistematizada, en tiempo oportuno y con la periodicidad adecuada.

### **Variable # 8: planificación y programación de mantenimiento:**

*Principios Básicos:*

*Objetivos y metas:* La organización de mantenimiento cuenta con la función de planificación y programación, la cual debe tener un plan de acción claro y detallado, con objetivos y metas establecidas de cada una de las necesidades de los activos y los tiempos de realización de acciones de mantenimiento que garanticen la disponibilidad de los sistemas.

*Políticas para la planificación y programación:* La organización de mantenimiento ha establecido una política general que involucra campo de acción, justificación, medios y objetivos que persigue. Existen políticas que garantizan los recursos necesarios para disponer de planificación y programación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento.

*Control y evaluación:* La organización de mantenimiento cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesario para la elaboración de los planes y la programación de mantenimiento.

### **Variable # 9: personal:**

*Principios Básicos:*

*Cuantificación de las necesidades del personal:* la organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de las personas que se requieren en la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

*Selección y formación:* la organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otra).

*Motivación e incentivos:* La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La organización de mantenimiento posee un sistema evaluación periódica del trabajador, para fines de ascenso o aumentos salariales.

### **Variable # 10: costos de mantenimiento:**

*Principios Básicos:*

*Presupuesto de mantenimiento:* La organización de mantenimiento cuenta con el presupuesto adecuado para la ejecución de las actividades de mantenimiento.

*Registros de costos de mantenimiento:* la organización de mantenimiento mantiene un registro adecuado de los costos de mantenimiento realizados con fuerza propia y contratada.

*Análisis de costos de mantenimiento:* la organización de mantenimiento realiza análisis de costo de mantenimiento, que permita determinar la obsolescencia de equipos y de evaluar alternativas entre la ejecución con recursos propio o contratados, entre otros.

*Control y seguimiento de costos de mantenimiento:* la organización de mantenimiento cuenta con herramientas de monitoreo continuo en la ejecución del presupuesto.

**Variable # 11: recursos:**

*Principios Básicos:*

*Equipos:* La organización de mantenimiento posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operabilidad de los sistemas. Para la selección y adquisición de equipos, se tienen en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos permitiendo el control de su uso.

*Herramientas:* la organización de mantenimiento cuenta con las herramientas necesarias, en un sitio de fácil alcance, logrando así que el ente de mantenimiento opere satisfactoriamente reduciendo el tiempo por espera de herramientas. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de las herramientas permitiendo el control de su uso.

*Materiales/repuestos:* la organización de mantenimiento cuenta con un stock de materiales y repuestos de buena calidad y con facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de espera por materiales y repuestos, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Se posee una buena clasificación de materiales y repuestos para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada material y repuestos, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los materiales y repuestos utilizados en mantenimiento.

**Variable # 12: ordenes de mantenimiento (ODM)**

*Principios Básicos:*

*Elaboración ODM:* la organización de

mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento adecuado para la elaboración de odm para identificar y requerir el trabajo, en función de los requerimientos operacionales.

*Administración ODM:* la organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento adecuado para garantizar que las odm generadas sirvan para establecer prioridad del trabajo, programar el trabajo, activar el trabajo, y dar seguimiento al trabajo.

*Cierre ODM:* La organización dispone de mecanismos eficientes para garantizar la utilización de las ODM para dar seguimiento al trabajo y analizar el trabajo, controlar y supervisar las actividades de trabajo, analizar cada actividad ejecutada, identificar su costo, las pérdidas y tendencias de los problemas.

**DIAGNOSTICO**

En esta etapa se diagnostica la situación actual de la Gestión de Mantenimiento en los términos de las variables y principios básicos definidos anteriormente.

Para realizar este diagnóstico, se diseñó un instrumento de medición que entre otros, evalúa los aspectos de la norma de PDVSA: MM-01-01-00 "Modelo de Gerencia de Mantenimiento" y utiliza la metodología para auditar la gestión de mantenimiento diseñada por Vásquez (2011), la cual se apoya en el formato de la Norma COVENIN 2500-93 "Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria", utilizando el sistema de deméritos que permite partir de la situación ideal para ubicar la situación actual de la gestión de mantenimiento.

Los deméritos definidos son los que por omisión o por incidencia negativa, originan que la efectividad de los principios básicos no sea completa, disminuyendo la puntuación total de dicho principio. La ponderación de estos deméritos al igual que la de cada principio básico, es basada en la experiencia y

conocimiento del autor y en las observaciones realizadas en las visitas a diversas organizaciones de Mantenimiento de PDVSA, por lo tanto podrían ser modificadas para cualquier otro proceso de estudio. Para verificar el cumplimiento de la norma PDVSA, este instrumento evalúa la gestión de mantenimiento enfocada en tres niveles, estratégico, táctico y operativo, donde se distribuyen los doce (12) factores o variables de Mantenimiento Clase Mundial.

Para completar la calificación de cada demérito,

se realiza entrevistas y encuestas al personal Gerencial/Administrativo de la Gerencia de Mantenimiento y se apoya en los cuestionarios MES y MQS elaborados por Vásquez (2011). En resumen con este instrumento podemos determinar un valor porcentual que mide la gestión de mantenimiento basada en la escala antes explicada.

En la Figura siguiente se muestra un extracto de este instrumento reflejando la Variable de Filosofía de Gestión con dos (2) de sus principios básicos.

Instrumento de Medición			
Diagnóstico de la Gestión Actual de Mantenimiento			
Basada en las Norma PDVSA MM- 01-01-00 y COVENIN 2500-93			
	Puntuación máxima	Deméritos	Calificación
<b>VARIABLE # 1: FILOSOFÍA DE GESTIÓN</b>			
<b>1.1 Misión y Visión</b>			
<b>Principio Básico</b>			
La organización de mantenimiento tiene establecida una misión y visión clara, compartida por la mayoría de los trabajadores y que ellos se sientan identificados con estas. La misión muestra el compromiso con la visión, indica el grado al que la organización alinea su estructura interna, políticas y procedimientos. La visión esta definida con amplitud y detalle, es sistemática, involucra a todos los departamentos de la organización.	80		
<b>Deméritos</b>			
1.1.1 No se encuentran definidos por escrito la misión y la visión de la Organización de mantenimiento.		20	10
1.1.2 La misión y la visión de la Organización de mantenimiento no es compartida por la mayoría de los trabajadores.		20	15
1.1.3 Los trabajadores de la organización de mantenimiento no están identificados con la misión y la visión.		20	15
1.1.4 La misión y la visión no se alinean a la estructura organizativa, políticas y procedimientos.		20	10
<b>1.2 Políticas y Objetivos</b>			
<b>Principio Básico</b>			
La organización de mantenimiento tiene establecido políticas para la con...			
que sirven como guía para el planteamiento de metas y la elabo...			
incluido en forma clara y detallada en un plan de ac...			
de los sistemas e...			

Figura N° 1. Extracto del instrumento de medición

Fuente: Propia

En la Figura N° 2, se muestra el resultado del diagnóstico de la Gestión de Mantenimiento aplicado a una Instalación.



## ASOCIACIONES MANTENIMIENTO MUNDIAL

 **ABRAMAN**  
Associação Brasileira de Manutenção  
[HTTP://WWW.ABRAMAN.ORG.BR](http://www.abraman.org.br)

 **ACIEM**  
Asociación Colombiana de Ingenieros  
Bogotá, Colombia  
[HTTP://WWW.ACIEM.ORG](http://www.aciem.org)

 **ACIMA**  
Asociación Costarricense de Ingeniería  
de Mantenimiento  
[HTTP://WWW.ACIMACR.COM](http://www.acimacr.com)

 **AEM**  
Asociación Española de Mantenimiento  
[HTTP://WWW.AEMES](http://www.aemes)

 **ASBOMAN**  
Asociación Boliviana de Mantenimiento  
[HTTP://WWW.ASBOMAN.COM](http://www.asboman.com)

 **ASEINMA**  
Asociación Ecuatoriana De Ingeniería  
De Mantenimiento  
[HTTP://WWW.ASEINMA.ORG](http://www.aseinma.org)

 **AVEPMCO**  
Asociación Venezolana de Profesionales  
de Mantenimiento y Confiabilidad  
[HTTP://WWW.AVEPMCO.ORG.VE/](http://www.avepmco.org.ve/)

 **CAM**  
Comité Argentino de Mantenimiento  
[HTTP://WWW.CAM-MANTENIMIENTO.COMAR](http://www.cam-mantenimiento.com.ar)

 **AEMA**  
Asociación Peruana de Mantenimiento  
[HTTP://WWW.AEMAPERU.COM](http://www.aemaperu.com)

 **AEMI CHILE**  
Asociación Chilena de Mantenimiento  
MAILTO: RIOSA@ENTELCHILE.NET

 **AMGA**  
Asociación Mexicana De Profesionales  
En Gestión De Activos Físicos  
[HTTP://WWW.AMGA.ORG.MX](http://www.amga.org.mx)

 **APMI PORTUGAL**  
Associação Portuguesa de Manutenção  
Industrial  
MAILTO: APMI@ONINET.PT

 **FIM**  
Federação Iberoamericana de Manutenção  
[HTTP://WWW.EFNMS.ORG/EFNMS/LINKS/FIMAS](http://www.efnms.org/efnms/links/fimas)  
P

 **IFEMAN**  
Instituto Peruano de Mantenimiento  
[HTTP://WWW.IFEMAN.COM](http://www.ifeman.com)

 **SOMMAC**  
Sociedad Mexicana de Mantenimiento  
[HTTP://WWW.MANTENIMIENTO-SOMMAC.COM/](http://www.mantenimiento-sommac.com/)


 **URUMAN**  
Sociedad Uruguaya de Mantenimiento,  
Gestión de Activos y Confiabilidad  
[HTTP://WWW.URUMAN.ORG](http://www.uruman.org)

## EVENTOS

 **CIFMers, Congreso Iberoamericano de Facility Managers**  
8 al 9 de Mayo, 2014. Madrid, España  
<http://www.cifmers.com/>

 **CONFERENCIA MUNDIAL DE CONFIABILIDAD DE ACTIVOS (RELIABLE ASSET WORLD CONFERENCE)**  
13 al 16 de Mayo de 2014. Clearwater, Florida.  
[www.reliableassetworld.com/conference-registration/](http://www.reliableassetworld.com/conference-registration/)

 **CONGRESO DE ADMINISTRACIÓN DE ALMACENES Y CONTROL DE INVENTARIOS 2014**  
27 al 28 de Mayo de 2014. Mexico  
52 33 3121 1350  
[contacto@industrialtraining.com.mx](mailto:contacto@industrialtraining.com.mx)  
[www.industrialtraining.com.mx/Congresos.aspx](http://www.industrialtraining.com.mx/Congresos.aspx)

 **6º JORNADA GLOBAL ASSET MANAGEMENT IBEROAMÉRICA**  
5 al 6 de Junio de 2014. Lima, PERÚ  
+51 628-11841(0034)96345666  
[nuria@globalassetmanagement-amp.com](mailto:nuria@globalassetmanagement-amp.com)  
[www.globalassetmanagement-amp.com/index.php/jornadas/jornadas-global](http://www.globalassetmanagement-amp.com/index.php/jornadas/jornadas-global)

 **COINDUSTRI, Congreso de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica y Mantenimiento Industrial**  
Del 26 al 29 de junio de 2014. Isla de Margarita, Venezuela  
<http://www.coindustri.com/>

 **22º CONGRESO DE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO**  
17 y 18 de Julio de 2014. Argentina. Auditorio FLENI  
[cammantenimientohospitalario@gmail.com](mailto:cammantenimientohospitalario@gmail.com)

 **9NO CONGRESO DE CONFIABILIDAD Y GESTIÓN DE ACTIVOS**  
22 al 26 de septiembre de 2014. Monterrey, México.  
<http://www.cmcmm.com.mx/>

 **8º WORKSHOP INTERNACIONAL ASSET MANAGEMENT & MANUFACTURING**  
2 al 3 de Octubre de 2014. Santiago, CHILE  
+56 (2) 236 84569 | (0034)96345666  
[informacion@globalassetmanagement-amp.com](mailto:informacion@globalassetmanagement-amp.com)  
[www.globalassetmanagement-amp.com/index.php/7-workshop-internacional](http://www.globalassetmanagement-amp.com/index.php/7-workshop-internacional)

 **9º WORKSHOP INTERNACIONAL ASSET MANAGEMENT & BUSINESS PLAN**  
21 al 22 de Octubre de 2014. Bogotá, COLOMBIA  
+57 (1) 6467430(0034)96345666  
[nuria@globalassetmanagement-amp.com](mailto:nuria@globalassetmanagement-amp.com)  
[www.globalassetmanagement-amp.com/index.php/inicio-ws-colombia](http://www.globalassetmanagement-amp.com/index.php/inicio-ws-colombia)





# FUNINDES USB



## Vinculando la Universidad con el País

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR



A través de la Fundación de Investigación y Desarrollo, la USB responde a las demandas del sector productivo nacional, aportando la capacidad técnica

### En las áreas de

- Mantenimiento centrado en confiabilidad
- Confiabilidad humana
- Aplicaciones de confiabilidad operacional
- Análisis causa raíz
- Inspección basada en riesgo
- Confiabilidad en Subsuelo-Superficie.

# El Entrenamiento Como Pilar De La Operación Y Mantenimiento En La Industria

El Junio 2010, entró en operación en Perú, la primera planta de Licuefacción de Gas Natural de Sudamérica. Pocos días después se completaba el primer embarque de GNL (Gas Natural Licuado) hacia México.



Figura 1 Vista de la Planta de Licuefacción de gas natural en Melchorita.

Así, Perú LNG (PLNG), el consorcio conformado por Hunt Oil, Repsol, Marubeni y SK Energy daba inicio a sus operaciones culminando de manera exitosa este megaproyecto con una inversión de 3 900 millones de dólares, la mayor inversión hecha en el Perú hasta entonces.

CB&I (Chicago Bridge & Iron) una de las grandes compañías globales de EPCM (*Engineering, Procurement & Construction Management*) recibió la adjudicación para la construcción de la Planta ubicada en Pampa Melchorita 168 km al sur de Lima.

Uno de los aspectos más importantes de este proyecto y el cual reseñaremos en este artículo

fue el entrenamiento del personal operador y de mantenimiento de COLP, Compañía Operadora de LNG del Perú. Se buscaba de esta manera asegurar la operación y mantención eficiente y segura de la planta de licuefacción.

CB&I fue requerido contractualmente para proponer un Plan de Entrenamiento a PLNG doce meses después que la NTP (*Notice To Proceed: Autorización de Proceder*) fue comunicada el 22 de enero de 2007. Este Plan de Entrenamiento fue enviado y aprobado por PLNG. Luego comenzó el desarrollo de los materiales de entrenamiento. Este plan era revisado y enviado al cliente para su aprobación cada seis meses.

El entrenamiento proporcionado por CB&I estuvo alineado con los requerimientos aplicables de la norma OSHA 29 C.F.R. 1910.119, esto significó que CB&I debió tanto entrenar como, demostrar la competencia de los empleados de PLNG.



Figura 2 Clases del curso de la Unidad de Nitrógeno suministrada por Air Liquide a cargo de Philippe Mouroux, instructor profesional. Asistieron a este curso 18 colaboradores de COLP.

El desarrollo de los programas y materiales de entrenamiento complementó los manuales de operación y procedimientos elaborados para el proyecto. Estuvieron basados en la información suministrada por:

- Manuales de operación y mantenimiento desarrollados por CB&I
  - Datos operacionales
  - Planos de los Proveedores
- Documentación provista por los suministradores de procesos licenciados y equipos.

Se desarrollaron cuatro tipos de entrenamiento para el personal operativo de COLP:

Entrenamiento en Clase (Classroom Training)

Entrenamiento a cargo de los proveedores de los equipos (Vendors Training)

Entrenamiento en el trabajo (OJT: On the Job Training)

Entrenamiento en simulador de operaciones (OTS: Operator Training Simulator)

El entrenamiento en clase fue dirigido a 40 miembros del personal técnico operador y de mantenimiento de COLP y comprendió lo siguiente:

Desarrollo de una matriz de entrenamiento para COLP donde se muestra los cursos por puesto de trabajo.

Desarrollo de 24 módulos de entrenamiento y planes de clase

Entrenamiento en clase de duración de 4 semanas a tiempo completo por cada persona designada.

Prueba de entrada y final por cada sesión de entrenamiento

Unidad No.	Descripción
Unidad ----	Visión General de la Planta
Unidad 1000	Interfase aguas arriba e ingreso de gas
Unidad 1100	Remoción de gas ácido
Unidad 1300	Unidad de deshidratación
Unidad 1400	Sistema de refrigeración de propano
Unidad 1400	Sistema de refrigeración MR
Unidad 1400	Intercambiador de calor criogénico principal
Unidad 1500	Unidad de remoción de mercurio
Unidad 3100	Almacenamiento de refrigerantes y purificación
Unidad 3400	Almacenamiento de GNL
Unidad 3400	Carga de GNL
Unidad 4000	Sistema de generación de energía
Unidad 4000	Sistema de distribución de energía
Unidad 4100	Sistema de aceite caliente
Unidad 5200	Unidad de gas combustible
Unidad 5300	Unidad de Diesel & Gasolina
Unidad 6100	Unidad de suministro de agua
Unidad 6200	Unidad de Protección C/explosiones súbitas y drenaje de HC
Unidad 6300	Unidad de agua de servicio
Unidad 6400	Unidad de agua potable
Unidad 6500	Unidad de desmineralización de agua
Unidad 6600	Unidad de aire de instrumentación
Unidad 6700	Unidad de nitrógeno
Unidad 7600	Unidad de protección contra el fuego

En cumplimiento de OSHA29 C.F.R 1910.119, se acordó entre CB&I y PLNG una marca mínima de 80% en las preguntas de proceso y 90% en las preguntas de seguridad.

El contenido típico de cada módulo de entrenamiento estuvo compuesto de la siguiente manera:

Objetivos Claves del entrenamiento.

Vista 3D de la Planta de GNL de Melchorita.

Vista Horizontal de la Planta de GNL de Melchorita.

Vista 3D de la unidad.

Resumen ejecutivo.

Introducción.

Vista general del proceso.

Datos de diseño.

Principios de proceso y operación.

Ajuste de alarmas y enclavamientos.

Fases Operativas.

Consideraciones de peligro, seguridad, medio ambiente y salud.

Apéndices: PFD (*Process Flow Diagram*), P&ID (*Process & Instrumentation Diagram*), MSDS (*Material Safety Data Sheet*), Matriz Causa y Efecto y documentos del proveedor.

El entrenamiento en clase se realizó en dos etapas, cada una de ellas comprendió 24 unidades que se realizaron del 2 de abril al 11 de junio del 2009, representando cerca de 7500 horas-hombre de capacitación. Todas estas clases fueron registradas en vídeo.

El segundo tipo de entrenamiento que proporcionó CB&I al personal operativo de COLP; fue el entrenamiento a cargo de los proveedores de los equipos.

Los objetivos de este entrenamiento fueron lograr que los empleados de COLP entiendan completamente los equipos o sistemas suministrados por los proveedores, a fin de operarlos y mantenerlos de forma segura y eficiente dentro de la Planta.

Se completaron 5000 horas hombre de entrenamiento en clase por parte de instructores profesionales de los proveedores.

Este entrenamiento aseguró que el personal de COLP opere y mantenga los equipos durante su operación normal y también en situaciones anormales como pueden ser emergencias;

identificando las fallas y corrigiéndolas eficazmente, haciendo el diagnóstico de las mismas.

Se desarrollaron un total de 49 cursos a cargo de proveedores, en el Centro de Instrucción de pampa Melchorita.

Se diseñaron dos tipos de cursos de proveedores:

Cursos dictados por instructores profesionales (29) que incluyeron entrenamiento en clase y entrenamiento en el trabajo.

Cursos desarrollados por los ingenieros de comisionado (20) los cuales incluyeron un breve entrenamiento en clase y principalmente entrenamiento en el trabajo.

Todos estos cursos fueron dictados en inglés. Como parte del contrato los proveedores debieron suministrar copias impresas y digitales en inglés y español del material de entrenamiento, el cual fue transferido por CB&I a COLP al término de las labores de entrenamiento.

Los cursos programados con instructores profesionales fueron los siguientes:

Curso	Proveedor
Compresores y secadores de aire	Atlas Copco
Unidad de Nitrógeno	Air Liquide
Operación de turbinas de gas GE LM-2500 Mantenimiento de turbinas de gas GE LM-2500 Sistemas de Control de turbinas de gas GE LM-2500	GE Energy
Sistema de gestión de potencia	Rockwell
Unidad de Remoción de gas ácido	BASF
Turbinas de gas de circuito de refrigeración Compresores Centrífugos Sistema Control sobretensiones VSDS Helper Motor Regulador de velocidad Speedtronic Mark VI	Nuovo Pignone, GE Oil & Gas
Intercambiador de calor criogénico principal,	Air Products
Medición de nivel de tanques de almacenamiento	Enraf
Bombas criogénicas,	Nikkiso Pumps
Compresor BOG	Siemens AG
Sistema de monitoreo de equipos	Bentley Nevada, GE Infra
Sistema Integrado de Control y Seguridad	Emerson

## ARTICULO TÉCNICO

Para las clases de los cursos del ICSS basado en la Implementación del Sistema Delta V de Emerson, se habilitó un salón con 6 módulos de entrenamiento de esta compañía, dictándose un total de 11 cursos.



Todo este proceso de entrenamiento previo al arranque y puesta en operación de la planta de licuefacción de gas natural se ha visto reflejado en los altos estándares de operación, mantenimiento y seguridad en sus operaciones.

AUTOR:

*Víctor D. Manríquez*  
*Ingeniero Mecánico*  
*MSC Energías Renovables*  
*Ingeniero de Confiabilidad – Stork Perú SAC*  
*Docente IPEMAN*  
*vmanriquez62@yahoo.es*  
*Lima, Perú*

PRÓXIMAMENTE  
LA ENCUESTA SOBRE  
**CONFIABILIDAD Y  
GESTIÓN DE ACTIVOS DE  
PREDICTIVA21**  
TU OPINIÓN ES  
**IMPORTANTE**  
PODRÁS ACCEDER  
AL CUESTIONARIO  
DESDE NUESTRA  
PÁGINA WEB  
**PREDICTIVA21.COM**

# Gestión De Mantenimiento No Es Gestión de Activos

Con la llegada de las normas ISO 55000 para la gestión de activos físicos, hay una confusión que tiende a convertir el departamento de mantenimiento en el departamento de gestión de activos y a los ingenieros de confiabilidad en especialistas en gestión de activos. Ese sería un grave error.

Una organización (empresa, industria o gobierno) requiere que sus activos físicos se desempeñen de una manera confiable para lograr sus objetivos de negocio. Desafortunadamente, en algunas organizaciones, al departamento de mantenimiento se le asigna como único responsable de la confiabilidad de los activos físicos simplemente porque tiene a su cargo las tareas de prevenir, predecir y reparar las fallas de la maquinaria.

Un equipo confiable es aquel que cumple con su función cuando se le requiere en su contexto operacional. En términos simples, es un equipo libre de fallas y para lograr esto se requiere del concurso de varios departamentos de la organización.

En muchas empresas se trabaja aún bajo el concepto de "cliente y proveedor interno", donde operaciones es el cliente y mantenimiento es el proveedor, en vez de trabajar bajo una asociación para lograr los objetivos de la empresa. La realidad es que mantenimiento como departamento muy pocas veces es capaz de conseguir la confiabilidad de los activos. Independientemente de qué tan avanzadas sean las estrategias empleadas, la tecnología y los sistemas, simplemente, no está dentro de su alcance controlar todas las causas por las que el equipo puede no ser confiable, ya que muchas de ellas residen en otros departamentos u organizaciones dentro y fuera de la empresa. La

confiabilidad de los activos físicos debe ser primero construida y posteriormente sostenida durante su ciclo de vida.

**Construyendo confiabilidad** – La confiabilidad inicia en la primera fase del ciclo de vida de los activos: La etapa de adquisición (Diseño, compra, construcción, instalación, comisionamiento y arranque). Las decisiones que se toman en esta etapa tienen un importante efecto en el desempeño y la confiabilidad del activo durante toda su vida. Si la planta es asignada en su construcción a quien ofrece el precio más bajo, con especificaciones de diseño vagas, sin considerar el desempeño de los activos y el costo del ciclo de vida, la probabilidad de que estos activos sean confiables es muy pobre.

**Sosteniendo la confiabilidad** – La segunda etapa en el ciclo de vida de los activos es la operación y mantenimiento, donde se interrelacionan muchas variables y el factor humano. La manera en que los activos sean operados, mantenidos y renovados tendrá un efecto muy importante en su confiabilidad durante su ciclo de vida.

En esta etapa, hay muchos elementos que pueden hacer que el activo no sea confiable. Operadores y mantenedores no entrenados, instrucciones de operación y mantenimiento imprecisas, falta de procedimientos (cada quien haciendo las cosas a su propio estilo), errores por falta de confiabilidad humana (insuficientes habilidades técnicas, mal juicio o mala interpretación, personal insuficiente, fatiga, estrés en el personal, etc.) equipo operando en cargas o velocidades para las cuales no ha sido diseñado o acondicionado, programas de mantenimiento obsoletos o mal diseñados, recorte de presupuestos, falta de atención a la educación continua y habilidades técnicas

(educación y adiestramiento), falta de repuestos y partes, falta de atención a las actividades fundamentales (programas de lubricación pobremente diseñados y mal ejecutados), prioridades organizacionales en conflicto (operaciones vs mantenimiento, mantenimiento vs compras, etc.), trabajo en silos organizacionales (cada departamento tiene sus propias metas y muchas veces entran en conflicto con las de otros departamentos), etc.

Ante toda esta evidencia de que los activos físicos requieren de algo más para realmente ser confiables, es que se desarrolla la necesidad de definir una estrategia de gestión de activos. La estrategia está dirigida a los activos físicos que son necesarios para el logro de los objetivos del negocio, aquellos que lo hacen producir el bien o servicio que es el objeto de la organización.

El objetivo es el de crear y alinear políticas, procedimientos, funciones, roles, responsabilidades, actividades y recursos en un plan estratégico bajo el cual toda la organización debe operar. Este plan estratégico debe estar alineado a los objetivos del negocio. Estas políticas que deben emanar desde la dirección general de la misma manera que se establecen las políticas de seguridad, las ambientales, las de salud y las de calidad. Las políticas de la estrategia de gestión de activos tienen efecto en todas las organizaciones, plantas, departamentos, personas, contratistas, etc., que tienen acción directa y afectan de manera directa o indirecta la confiabilidad de los activos físicos.

Las políticas comunican la manera como los activos físicos deben ser gestionados, los responsables de que las políticas sean implementadas y las expectativas de la organización, de tal manera que las políticas queden alineadas con los planes estratégicos del negocio. Para ejemplificar un poco el tema de las políticas de gestión de activos, pondremos un ejemplo: La política de adquisiciones de activos físicos establece que: "Todas las compras de nuevos activos deben ser efectuadas mediante la metodología de Costo de Ciclo de Vida". De esa manera, todas las áreas involucradas en el diseño y la adquisición de estos activos nuevos deben seguir la política y las compras no serán hechas al menor costo, sino al proveedor que

demuestre tener el activo que minimizará el costo de posesión del activo durante todo su ciclo de vida.

La estrategia de gestión de activos establece también los controles y procesos habilitadores de los planes de implementación para alcanzar los objetivos. Identifica los riesgos relacionados con los activos físicos y establece las estrategias para controlarlos (equipo que es indispensable para la operación, repuestos, contingencias, seguros, etc.). La estrategia es diseñada para considerar todas las etapas del ciclo de vida de los activos (adquisición, operación, mantenimiento y disposición) y debe además considerar que se mantenga el valor de los activos y que sea sostenible en el tiempo mediante el monitoreo del desempeño y la condición de los activos, de tal manera que se pueda incrementar su efectividad y eficiencia. La estrategia incluye también mecanismos de comunicación, mejora continua y revisiones periódicas para asegurar que se mantiene alineado con los objetivos del negocio.

Como vemos, gestión de activos no es gestión de mantenimiento, ni es una actividad que le corresponda éste departamento. Más aún, mantenimiento no debería ser quien esté a cargo de diseñar la estrategia, pero sí debe ser parte de ella. La estrategia de gestión de activos definitivamente afecta la manera en que se gestiona el mantenimiento y de manera positiva reordenará la interacción entre todos los departamentos de la organización de tal manera que todos se alinearán a los objetivos del negocio y los activos físicos se desempeñarán de manera confiable disminuyendo los costos de operación y contribuyendo a maximizar el retorno sobre los activos (RSA).

Los invitamos a pertenecer a la Asociación Mexicana de Profesionales en Gestión de Activos – AMGA:

[www.amga.org.mx](http://www.amga.org.mx) y [www.activosfisicos.com](http://www.activosfisicos.com)

AUTOR:

*Gerardo Trujillo C.*

*Director General de Noria Latín América y  
Presidente fundador de la Asociación Mexicana de  
Profesionales en Gestión de Activos - AMGA.*

# Modelos De Evaluaciones Adoptadas En La Gestión De Activos Físicos

Para las empresas que obtendrán la certificación de la norma ISO 55000, al asumir la responsabilidad de coordinar su implementación, los responsables por cargos de liderazgo en mantenimiento tendrán que involucrarse cada vez más en la administración de todo el Ciclo de Vida de los Activos, aplicando métodos y técnicas hasta entonces utilizadas solamente por las áreas de Finanzas, Ingeniería de Proyecto, Contabilidad, Compras y Administración de recursos propios y contratados.

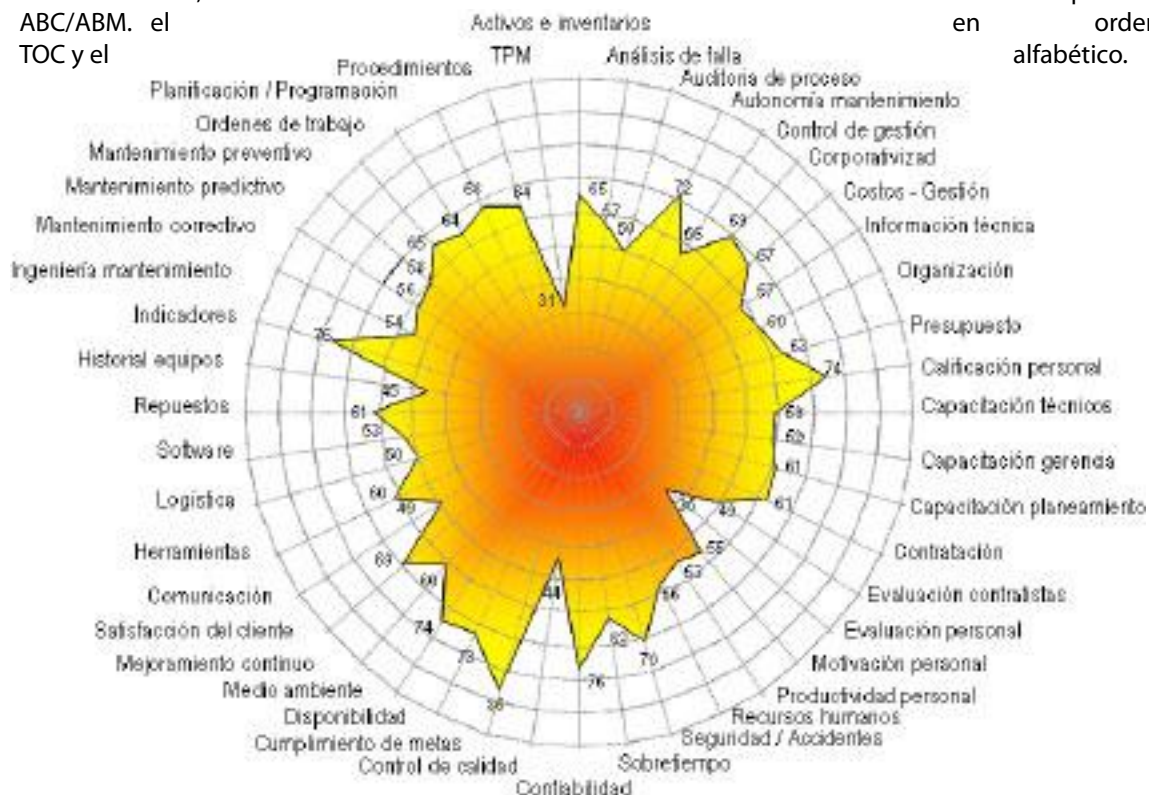
Dentro de estos métodos y técnicas se encuentran el Radar, el Análisis FODA, la Evaluación de Madurez, el FEL, el Kanban, el Kaizen, el Lean Manufacturing, el Just in Time, el ABC/ABM. el TOC y el

Análisis de Flujo de Valor, de los cuales vamos a tratar en este artículo los cinco primeros.

## EL RADAR

La simplicidad de aplicación del Radar lo convierte en el preferido para el inicio de la evaluación, pues además de objetivo y práctico incorpora a todos los empleados de "primera línea" en el proceso, una vez que les permite evaluar y comentar distintos parámetros de acuerdo con sus vivencias en la empresa.

En la figura presentamos los resultados promedios de evaluaciones aplicadas en más de 50 empresas, donde los 45 parámetros más utilizados aparecen en orden alfabético.

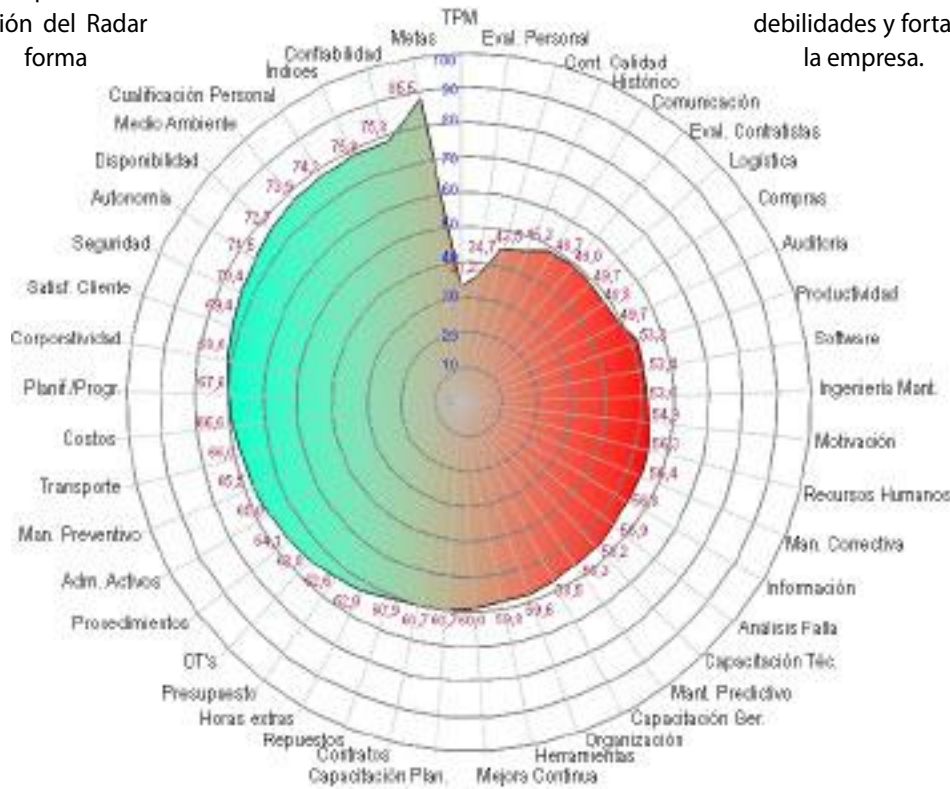




Obviamente, cuanto mayor sea el número de personas involucradas en la evaluación más consistente serán sus resultados. Además, se recomienda confirmar los resultados obtenidos con algunas entrevistas con el personal de supervisión. La aplicación del Radar de forma

periódica muestra si las acciones tomadas en función de sus resultados lograrán éxito.

El mismo Radar puede ser presentado ordenado por los valores obtenidos cuando muestran de forma más clara la secuencia de debilidades y fortalezas de la empresa.

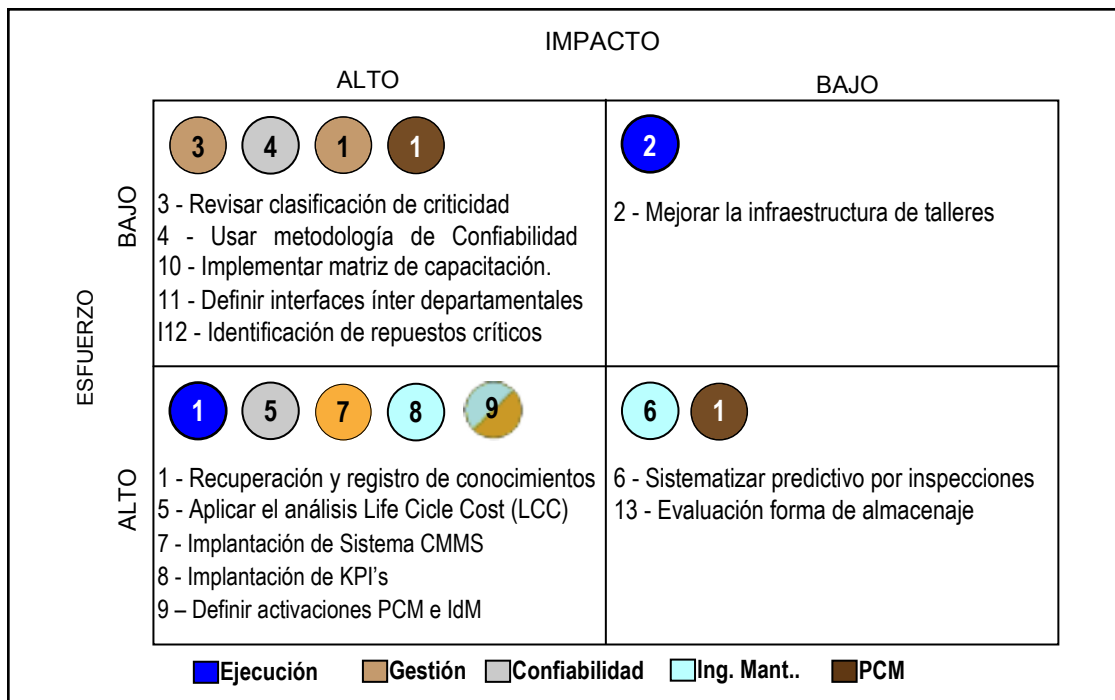


**El Análisis FODA**

En el análisis FODA también son evaluados parámetros seleccionados a los cuales se les aplican grados (1 al 10 o porcentual 1% al 100%), siendo que en este caso, además de evaluar los parámetros son identificados cuáles son Fortalezas o Debilidades (factores internos) u Oportunidades y Amenazas (factores externos).

Los resultados son presentados según los cuadrantes correspondientes, como el modelo de la figura a continuación y a partir de tales cuadrantes se arma la matriz de esfuerzos versus resultados donde también se identifica a quién toca la responsabilidad para buscar la solución, a fin de reforzar las Fortalezas u Oportunidades, o reducir o eliminar las Debilidades y Amenazas.

		Condición del Factor para la Empresa	
		AYUDA	PERJUDICA
Origen del Factor	Interna (Organización)	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
	Externa (Ambiente)	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>



**LA MADUREZ**

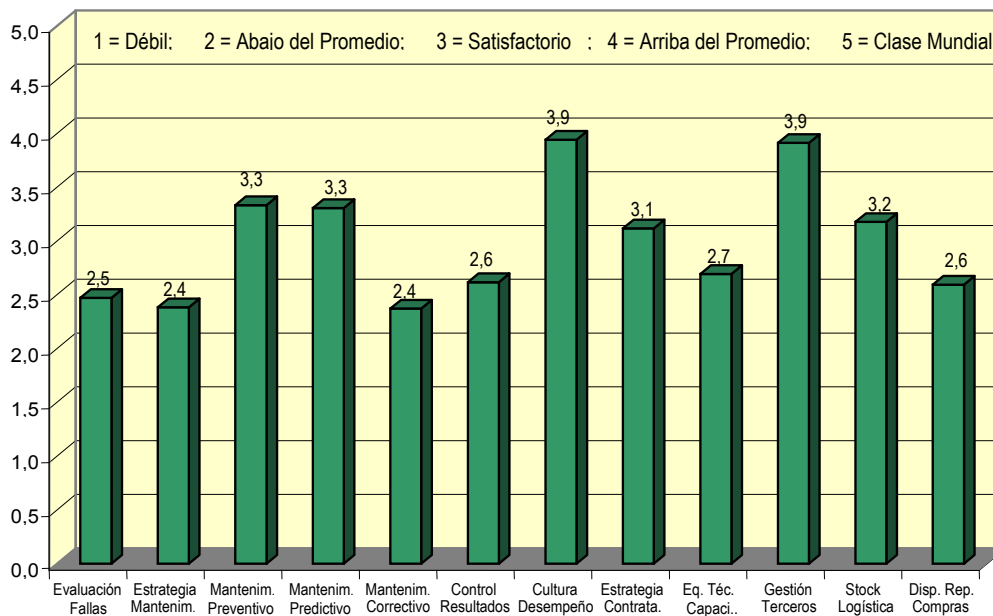
Existen varios modelos para evaluar la Madurez del Mantenimiento dentro de los cuales destacamos el método McKinsey y el Método Topkins.

En los dos casos se establecen pilares subdivididos en cinco niveles, siendo el más bajo el grado de inexistencia y el más alto el grado de

clase mundial.

En cada uno de los niveles se establecen las condiciones existentes en él y se solicita al personal de nivel de gestión que indiquen el número que según su opinión se encuentra la empresa.

A continuación presentamos un promedio de valores obtenidos en la aplicación de este método en varias empresas.



La ventaja de utilizar los métodos de Evaluación de Madurez es que uno puede saber donde se encuentra y cuáles serían las etapas a cumplir para lograr un mejor grado de La Metodología FEL.<sup>1</sup>

El desarrollo completo de un diseño industrial es un proceso que involucra millones de dólares. Se requiere cuidado para evitar que un proyecto siga adelante sin la seguridad de que logren sus objetivos, especialmente en lo que respecta a la rentabilidad. La metodología FEL es ampliamente utilizada para asegurar la continuidad adecuada del proceso.

Para asegurar este propósito, la mayoría de las organizaciones utilizan el proceso de "portones", es decir, se establecen fases consecutivas para un proyecto, que sólo puede pasar a la siguiente fase si es aprobado en el "portón" anterior, donde es evaluada por un comité de deliberantes. En cada portón, hay básicamente tres decisiones posibles:

- Ir a la siguiente fase
- anular el proyecto
- reevaluar el diseño

Varias empresas de consultoría y de metodología de gestión de proyectos tienen sus propios "portones", que difieren ligeramente unos de otros.

Los costos de implementación de una empresa están creciendo a lo largo de su ciclo de vida, de modo que para reducirlos se debe reorientar el proyecto, lo más temprano posible.

Durante la primera fase, llamada FEL 1, se identifica la oportunidad de negocio, para lo cual se lleva a cabo una estimación de costes, llamada "Orden de Presupuesto de la Grandeza", que corresponde a las clases 4 y 5 de AACEI (Association for the Advancement of Cost Engineering International), con un margen de error normalmente entre unos -30 % y +50 %.

En FEL 1 se busca una propuesta de proyecto con diferentes esquemas de proceso alternativo,

a partir del estimado de valores de los principales equipos, la demanda estimada de los servicios públicos (balance de energía), el diseño preliminar y la capacidad especificada (balance de masa). El costo del equipo se estima utilizando las bases de datos (internos o externos), se aplica a la utilización de los factores de mano de obra y materiales directos, se calcula el costo administrativo y se tiene el orden de magnitud del presupuesto.

A partir de estos datos, se hace un EVTE (Estudio de la viabilidad técnica y económica) primario, que constituye una de las principales entradas a los niveles superiores de la empresa para que puedan tomar una de las primeras decisiones del portón (Presidente de la Junta Directiva, etc.) Sigue; Suspenda el Proyecto o Reevalúe el Proyecto.

Este análisis asegura que sólo el 25% de los proyectos aprobados en FEL1 (es común que el 75% de los proyectos hayan sido cancelados o se volverá a evaluar) y consumen sólo el 1% de las TIC (Coste total de Instalación).

Una vez aprobado en FEL 1, los proyectos entran en la fase de diseño conceptual, donde ya se define el diseño del Proceso, lo que permite una mejor distribución del presupuesto, llamado el Presupuesto Preliminar, que corresponde a la clase 3 de AACEI, con un margen de error entre unos -15 % a +30 %.

En esta etapa ya se pueden hacer las cotizaciones de los principales equipos, y los costos estimados de la mano de obra directa ya estarán basados en función del uso sobre el programa preliminar.

En esta fase se puede aprobar la compra de equipos con período crítico de entrega, el llamado Equipo de paso largo. Se hace una nueva EVTE, que junto con otros documentos del proyecto, que comprende el Plan de Implementación del Proyecto, será evaluado para pasar al siguiente "portón", donde la decisión es una vez más: Continuar, Cancelar o Reevaluar.

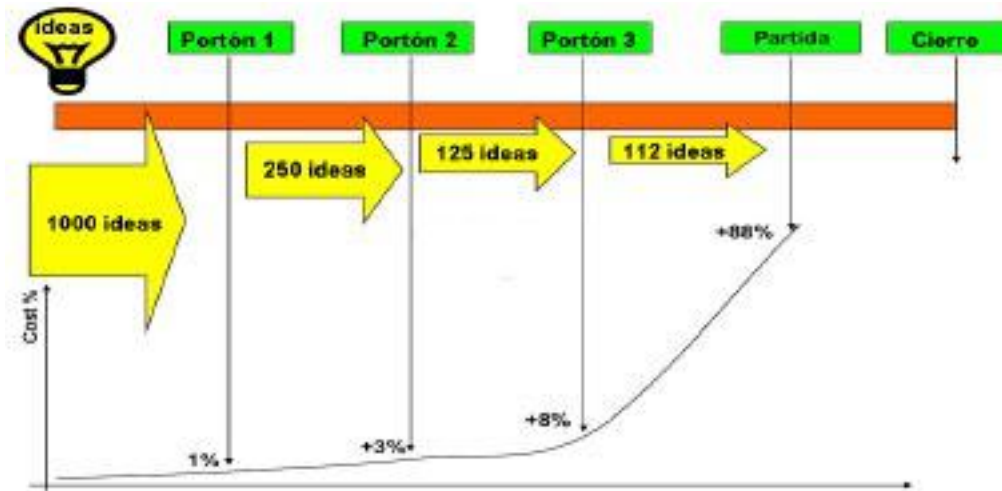
De esta forma sólo el 50 % de los restantes proyectos FEL Fase 1 se adoptará en la FEL2 y el valor de la fase corresponde solamente al 3% de las TIC.

Durante la Fase FEL 3, el Proyecto Básico se desarrollará con el arreglo de la planta (layout), aprobando las dimensiones finales de los equipos, y diagramas de flujo de procesos de instrumentación, tuberías, cintas transportadoras, etc., conocidos como P&I. De este modo, se obtiene de las cotizaciones firmes de equipo pesado y materiales, las mejores estimaciones de consumo de la mano de obra directa y otros costos, lo que permite el desarrollo del denominado Presupuesto Detallado, correspondiente a la clase 2 de AACEI, con un margen de error entre los -5% y +15%.

Con el Presupuesto detallado, se puede volver a calcular la EVTE que irá a evidenciar si el proyecto es rentable según los parámetros de la Compañía y será, junto con el Plan de Ejecución del Proyecto, una de las entradas para ser evaluado por el tercer y último "portón" antes del inicio de los Servicios de implementación Física. En este "portón", sólo un 2% de los proyectos presentados será abortado o reevaluado y el costo de estos proyectos estará en el rango de 8% del TIC.

*¿Por qué mantenimiento debe participar de la metodología FEL?*

Porque, de acuerdo con investigación hecha en el año de 1997<sup>2</sup>, unos 17% de los problemas de mantenimiento se originan en el proyecto y unos 5% en la construcción.



**EL KANBAN**

El Kanban<sup>3</sup> es una idea de los japoneses desarrollada a partir de los supermercados estadounidenses. Después de la Segunda Guerra Mundial, los productos norteamericanos comenzaron a invadir a Japón y de igual forma los japoneses empezaron a hacer muchas visitas a los EE.UU.

En Japón de la preguerra, el método tradicional de vender era que el vendedor iba al cliente. Por ejemplo, el vendedor de medicamentos iba de puerta en puerta en busca de clientes para

obtener solicitudes y vender sus productos. Se perdía mucho tiempo de mano de obra en el traslado de objetos que no se vendía y el comprador, a veces, tenía que comprar cosas que no necesitaba en ese momento por miedo de no tenerlas en el futuro.

En el supermercado americano el cliente toma sólo lo que necesita, una vez que sabe que siempre encontrará los productos en el mismo lugar. Según Taiichi Ohno creador del Sistema de Producción Toyota, "un supermercado es donde un cliente puede obtener lo que se necesita, cuando es necesario y en la cantidad necesaria.

Por lo tanto, los operadores de supermercados deben asegurarse de que los clientes puedan comprar lo que necesitan en cualquier momento".

Con esta idea, Ohno decidió implementar en la fábrica la idea del supermercado: o sea, "el proceso final (cliente) va al proceso inicial (supermercado) para adquirir partes (géneros) en el momento y la cantidad que usted necesita. El proceso inicial (supermercado) contabiliza inmediatamente el monto retirado y providencia la reposición de los estantes"

El Kanban en la industria se diferencia de los supermercados, por se necesita de una señal para mostrar al proceso de producción que un artículo está cerca de desaparecer y necesita ser reemplazado, para la adquisición de dicho producto. Para ello, la gestión visual utilizada es muy simple y puede hasta ser hecha con un pequeño trozo de papel.

Este simple trozo de papel contiene toda la información necesaria para que el sistema de producción pueda tener continuidad, pues nunca irán a fallar los materiales. Además, el objetivo final según Ohno, es que "Kanban previene totalmente la sobreproducción. Como resultado, no hay necesidad de stock en exceso y, por lo tanto, no hay necesidad de gastar más que lo necesario ni tampoco implementar innumerables mecanismos de control"

En resumen, las funciones de la Kanban son:

- Proporcionar información sobre el retiro o el transporte de materiales
- Proporcionar información sobre el consumo para operación o mantenimiento
- Evitar que la sobreproducción y el transporte sean excesivos
- Servir como una orden de fabricación colocada sobre los productos
- Evitar el uso de productos inadecuados al identificar el proceso que los utiliza
- Revelar los problemas existentes y hacer un seguimiento del inventario

En resumen, el Kanban es una forma visual sencilla de identificar la necesidad de reponer algo que falta (o que irá faltar). Para esto se puede utilizar una indicación por colores (por ejemplo verde = está conforme; amarillo = atención, es necesario emitir pedido de reposición y rojo = reposición inmediata).

Como se puede observar, el Kanban se aplica al abastecimiento de necesidades de operación y de mantenimiento. De igual forma el Kanban puede ser utilizado en un proceso administrativo como, por ejemplo, un semáforo en un sistema de gestión de mantenimiento informatizado, indicando que un servicio debe ser hecho de inmediato, a mediano plazo o a largo plazo o que falta alguna información para complementar la base de datos.

AUTOR:

*Lourival Augusto Tavares*  
Consultor en Ingeniería de Mantenimiento

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- (1) *Gestión de Proyectos – Método de los portones.*  
Rodolfo Stonner  
Blog Tek – 17/02/2013
- (2) *Maintenance Technology – Set/97.*  
Raymond J. Oliverson/Greg Como/Harold Weimer  
HSB Reliability Technologies
- (3) *Aplicação do Lean Manufacturing na equipe de manutenção do Terminal Portuário de Gaíba.*  
Fabrício Henrique Moreira dos Santos  
Monografia apresentada como requisito final para a conclusão do MBA em Engenharia de Manutenção da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Abr 2014

# Aplicación De La Metodología De Análisis Causa Raíz. Caso: Fallas Recurrentes Del Sistema De Distribución Eléctrica En 34,5kv De Un Campo Petrolero (II Parte)

## APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ACR PARA EL CASO DE ESTUDIO

El ACR es una metodología sistemática y organizada la cual está dirigida a la solución de problemas de diversa índole, está diseñada para ayudar a determinar la secuencia de causas y efectos que conllevan a la ocurrencia de un evento no deseado, el proceso se detiene cuando se consiguen las causas raíces del evento, o sea, las causas que al ser resueltas evitan su recurrencia (Andersen y Fagerhaug, 2006).

En el siguiente apartado se describe la aplicación “per sec” de la metodología de análisis causa raíz, que va desde el planteamiento del problema hasta la determinación de las causas raíces.

### *Conformación del ENT*

El ENT se define como “el conjunto de personas de diferentes funciones de la organización, que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común” (Huerta, 2004). El Comité de Gerencia designó al equipo natural de trabajo (ENT) para llevar adelante el análisis de la siguiente manera: i) Facilitador de la metodología y líder de equipo, ii) Supervisor de operaciones, iii) Supervisor de mantenimiento, iv) Técnico de mantenimiento eléctrico, v)

Técnico de operaciones de producción, vi) Planificador de mantenimiento.

### *Contexto operacional y planteamiento del problema*

El sistema productivo de referencia tiene un nivel de producción superior a los 10.000 barriles por día de crudo extraídos de tres yacimientos petrolíferos, producen en un sistema mixto de flujo natural y levantamiento artificial. Está provisto de un sistema de distribución eléctrica propio, tipo aéreo y que se surte de la red eléctrica nacional.

La topografía del campo petrolero es accidentada, involucra a un numero de comunidades dentro de su área de influencia, la vegetación es de tipo de bosque seco tropical y húmedo tropical, la temperatura promedio anual de 26,4 °C y precipitaciones de 1.935 mm (promedio anual).

El enunciado del problema se definió como “Fallas recurrentes del sistema de distribución eléctrica 34.5 KV del campo petrolero”, registrándose interrupción del servicio eléctrico en forma parcial y/o total, incurriendo en la parada no programada de los pozos, estaciones y planta No. 1.

### *Desarrollo del ACR*

Se inició la aplicación de la metodología de

análisis causa raíz (ACR) determinando los modos de falla, aplicando el principio de causa-efecto, y la validación de las hipótesis utilizando las diferentes técnicas disponibles (experiencia del personal, comprobación de registros, entrevistas, entre otras), así mismo se utilizó el “Método Delphi” en una versión modificada para determinar las ponderaciones de rama debido a que los registros disponibles eran insuficientes. El Método Delphi es un proceso para obtener consenso dentro de un grupo de expertos; es un proceso reiterativo, su funcionamiento se basa en la interpretación de cada opinión (Krajewski y Ritzman, 2000).

En la figura 2, se observa el desarrollo de una sección del árbol lógico de falla (el árbol consta de 12 ramificaciones no mostradas en la gráfica por razones visuales).

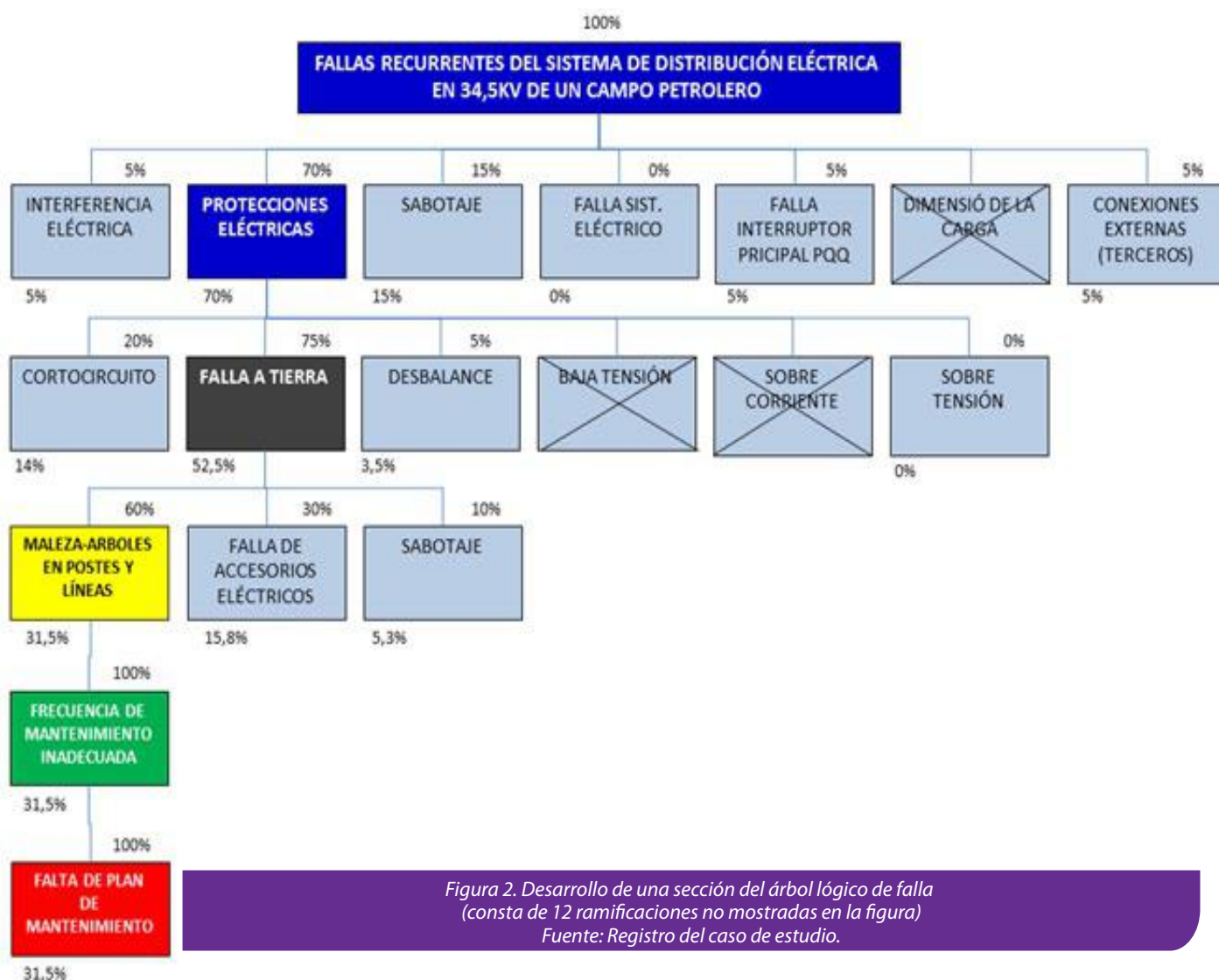


Figura 2. Desarrollo de una sección del árbol lógico de falla (consta de 12 ramificaciones no mostradas en la figura) Fuente: Registro del caso de estudio.

De la figura anterior el modo de falla de mayor impacto (70%) referido al disparo de las “PROTECCIONES ELECTRICAS”, así mismo se muestra la determinación de la causa raíz física indicada en color amarillo (MALEZA-ARBOLES EN POSTES Y LINEAS), la causa raíz humana en color verde (FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO INADECUADA) y la causa raíz latente u organizacional en color rojo (FALTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO).

## Resultados del ACR, resumen de causas raíces

A continuación se muestra la tabla V las causas raíces físicas y latentes (organizacionales) encontradas por el ENT.

Item	Causas Raíces Físicas	Peso (%)	Item	Causas Raíces Organizacionales	Peso (%)
1	MALEZA ARBOLES EN POSTES Y LINEAS	42,70%	1	AUSENCIA DE PLAN DE MANTENIMIENTO	55,30%
2	ACTOS DE VANDALISMO	15,00%	2	POCA CONCIENCIA DE LA POBLACION	24,00%
3	SABOTAJE	9,00%	3	DES CONOCIMIENTO PROYECTOS (TERCEROS)	5,00%
4	FINALIZADA VIDA ÚTIL DE DISPOSITIVOS	8,50%	4	INDISPONIBILIDAD DEL SERVICIO PUBLICO	3,00%
5	CRUCE LINEAS ELÉCTRICAS TERCEROS	5,00%	5	FALTA DE FORMACIÓN	2,40%
6	CONEXIONES CLANDESTINAS Y TERCEROS	5,00%	6	POLÍTICA DE GESTIÓN	2,00%
7	OTRAS	8,40%	7	SIN ANALIZAR	8,30%
8	SIN ANALIZAR	8,30%	8	OTRAS	0,00%

Tabla V. Resumen de causa raíces físicas (izquierda), latentes (derecha).  
Fuente: Registro del caso de estudio.

### El plan de acción

Posterior a la determinación de las causas se procedió a elaborar el plan de acción tendiente a la mitigación del problema, requisito para lograr la aprobación de las acciones.

Dentro del plan de acción existieron un grupo de medidas no autorizadas por la gerencia de línea, por diversos motivos (presupuesto, nivel técnico, etc.), y otras que por su naturaleza corresponde la aprobación a las gerencias de soporte.

### JUSTIFICACIÓN DE ACCIONES

Las medidas autorizadas por la gerencia de línea posterior a la aplicación de análisis de costos-beneficio (ACB) según el paso identificado en el bloque 3 de la figura 1, son como sigue: i) Incorporar a la estructura las vacantes existentes (Supervisor de Mantenimiento Eléctrico y Técnico de Mantenimiento Eléctrico), ii) Contratar un servicio de desmalezamiento, pica y poda de la franja de seguridad del tendido eléctrico, iii) Procurar las partes y repuestos necesarios para ejecutar los reemplazos por deterioro e incorporar al inventario, iv) Procurar un equipo de elevación de personal para trabajos eléctricos en líneas aéreas, así como las herramientas manuales necesarias para trabajos eléctricos en alta tensión, v) Ejecutar un plan acelerado de mejoras y adecuaciones desde el punto de vista de maniobrabilidad y disponibilidad, vi) Contratar un servicio de reparación de transformadores eléctricos de diversas capacidades en el nivel de voltaje de 34.5KV.

### EL CONTROL Y SEGUIMIENTO

El Comité de Gerencia, autorizó los recursos financieros y humanos a fin de ejecutar lo propuesto en el plan de acción dentro de su ámbito de control (bloque 1, figura 1), implementó un sistema de seguimiento semanal de actividades críticas que produjo la puesta en práctica dichas iniciativas.

### RESULTADOS

Posterior a la aplicación de dichas medidas durante los años 2.011 y 2.012, se obtuvo como resultado una reducción de 60% de la producción diferida 7.780 barriles por año lo que equivale a US\$ 780.000,00 (2012), con una tendencia favorable y a la baja. A la vez se registró una reducción de 57% de la producción diferida por cortes eléctricos programados de 988 barriles por año en 2.010 a 424 barriles por año en 2.012 lo que equivale a US\$ 56.400,00 evidenciando un incremento de la calidad de los trabajos eléctricos programados. Ver figura 3.



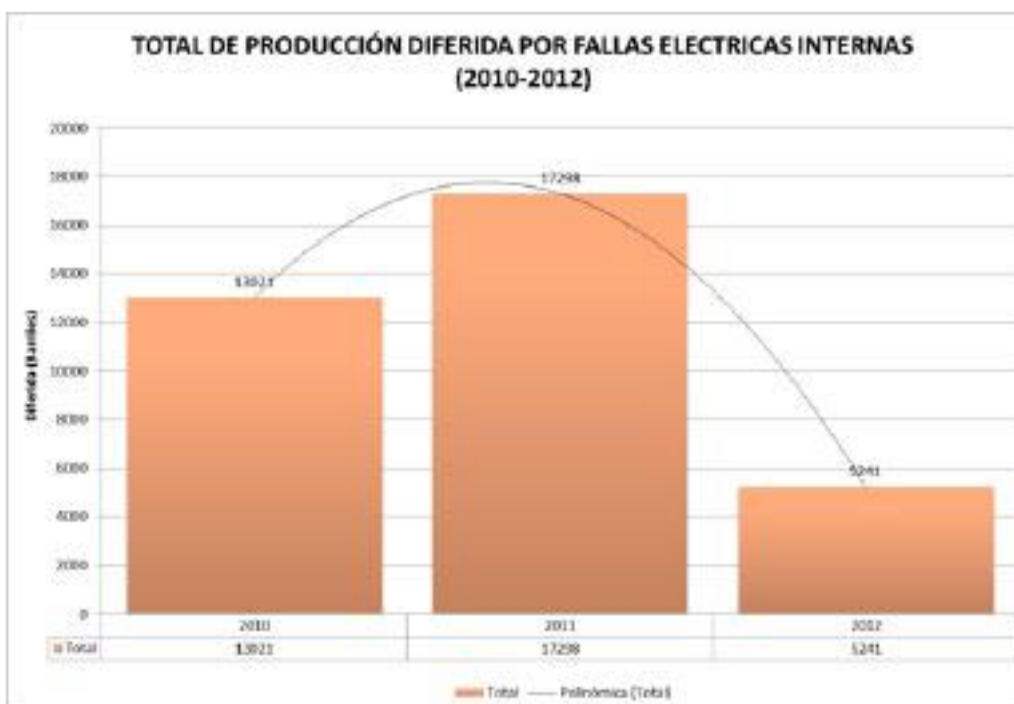


Figura 3. Producción diferida por fallas eléctricas.  
Fuente: Registro del caso de estudio.



Figura 4. Producción diferida por fallas eléctricas vs cortes eléctricos programados.  
Fuente: Registro del caso de estudio.

## CONCLUSIONES

El sistema de gestión implementado en el sistema productivo es eficiente y optimiza la

asignación de recursos, con la aplicación de la valorización del Riesgo como medida de jerarquización de los problemas. Esta valoración contempla el cálculo del Riesgo mediante

métodos semicuantitativos usados cuando no se disponen de registros, para este caso se emplean índices globales potenciales estimados a través de las estadísticas procedente de las experiencias de compañías del sector y utiliza conclusiones comparativas entre criterios para determinar la selección según Storch y García (2008) y cuantitativos los cuales involucran la elaboración de expresiones matemáticas basadas en datos numéricos asociados con el problema según Anderson, et al. (2004). Lo que hace viable su replicación en diversos sistemas productivos.

El éxito en la implementación del sistema de gestión de problemas y fallas viene de la mano del apoyo de la línea gerencial (dirección), debido a que involucra la aprobación de los recursos y permea sobre la estructura organizacional las prioridades de la organización. Por esto la importancia de la implementación de técnicas para la "toma de decisiones bajo certidumbre" donde se conoce con certeza la consecuencia de ellas según Render, et al. (2006) es determinante para la asignación y programación de los recursos.

La implementación de un sistema por si mismo involucra un esfuerzo multidisciplinario, la utilización de Equipos Naturales de Trabajo (ENT) adecuadamente dimensionados y a razón de que el personal de mantenimiento no puede contestar a todas las preguntas por sí mismos, ya que muchas de las respuestas sólo pueden proporcionarlas el personal de operaciones, entre otros, según Moubray, J. (2004) posibilita a que la organización obtenga los beneficios de la contribución de valor que este presupone y la obtención de resultados.

La metodología ACR es una de las técnicas que generan beneficios tempranos, de corto y largo plazo; y permite en muchos casos visualizar los problemas que repercuten en la rentabilidad del negocio (Amendola, 2006), su implementación puede solucionar inclusive problemas que aun no se han analizado, ya que las soluciones de nivel organizacional son comunes a diversos problemas, por ejemplo: la revisión de los planes

de mantenimiento repercutirá no solo en el caso de estudio sino también en aquellos equipos y sistemas que tengan debilidad en este particular.

La modalidad de pesos ponderados dentro de la metodología ACR ofreció al Comité de Gerencia en términos numéricos herramientas para la toma de decisiones ya que permitió observar la distribución de los impactos de acuerdo a las causas encontradas, aspecto clave para el análisis de costo-beneficio, puesto que cada causa apunta directamente a una porción numérica del Riesgo total.

Las medidas autorizada por el Comité de Gerencia apuntaron a solucionar y/o mitigar parte del problema, observándose beneficios superiores a los esperados en la disminución de la frecuencia de ocurrencia. Mediante la técnica de análisis costo-beneficio (ACB) implementada se comparó los beneficios esperados contra los costos de implementar dicha acción, en tanto que los beneficios fueron superiores a los costos, esto aportó un juicio positivo que sugirió su aceptación (Cohen y Franco, 2000) y permitió comparar las acciones según este criterio.

Otro de los aspectos fundamentales en la concreción de las acciones que mitigaron el problema fue la aplicación de las medidas de control y seguimiento adecuadas (alcance, tiempo y costos) lo cual permitió comparar lo que estaba ocurriendo en la realidad, con los objetivos previstos y se tomaron las decisiones para reencausar y corregir cambios o desviaciones que se hayan producido (Publicaciones Vértice S.L., 2008) resultando en la aplicación de las medidas previstas en el plan de acción.

AUTOR:

Héctor Díaz

Ingeniero Electrónico, Mención Control

hdiaze@repsol.com

hectorjdiaz@gmail.com

CENTRAL Soluciones Globales, es una empresa internacional especializada en el desarrollo y ejecución de proyectos de inversión en el campo de la ingeniería, procura y construcción de sistemas de compresión, transmisión y tratamiento de gas natural; así como facilidades en superficie de producción de petróleo y energía ecológica.

Además de prestar servicios de consultoría técnica especializada para el mantenimiento y operación de estas instalaciones.

*Creamos para Servir  
y Servimos para Crear*



885 SW 149th Court,  
Miami, USA, FL 33194  
Phone: +1(786) 228.97.98

Av. Fernando Peñalver Nro. 120 El Tigre  
Estado Anzoátegui Venezuela 6050  
Teléfono: +58 (424) 830.93.07

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

Av. Alirio Ugarte Pelayo  
C.C. PETRORIENTE Nivel 02, Oficinas 52-05  
Maturín Estado Monagas Venezuela 6001  
Teléfono: +58 (424) 830.93.12

Av. Stadium C.C. NOVOCENTRO II Nivel 3, Oficina 3-3  
Puerto la Cruz Estado Anzoátegui Venezuela 6023  
Teléfono: +58 (281) 267.04.02 Fax: +58 (281) 267.57.10

Rif: J-31396255-24

# Las Revoluciones Industriales En El Mundo (II parte)

## TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Su desarrollo se sitúa Japón entre los años 1950-1971 y recordemos que éste país quedó destrozado como resultado de la guerra y fue ocupado por las fuerzas norteamericanas en septiembre de 1946 por el Comando Supremo de las Potencias Aliadas (SCAP, siglas en inglés), quien nombró al General estadounidense Douglas MacArthur como responsable de establecer un programa de desarrollo con especialistas norteamericanos para la reconstrucción de esta nación. Dentro de éstos, los más relevantes fueron: W. Edwards Deming, Walter Andrew Stewart y Joseph Moses Juran.

Desde los primeros años de su estancia en Japón se dieron a conocer con los máximos niveles industriales del país compartiendo sus conocimientos en estadística, en calidad, en grupos PM, en logística, etcétera. Empezaron en ese nivel debido a que las vivencias de los norteamericanos en el lapso de 1939 a 1945 les mostraron la incongruencia de no preparar a los propietarios y altos niveles con poder de decisión y su compromiso con el cliente. En Japón podían hacerlo porque para la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses (UCIJ) y los altos niveles de la industria ésta preparación realmente despertó un interés vital, además de llenar sus expectativas de un promisorio futuro próximo y casar plenamente con la idiosincrasia de su pueblo.

Sigamos los pasos del Dr. Deming durante su larga estancia por el Japón (1950 – 1980) en donde llegó a adquirir un gran reconocimiento y estimación. Los japoneses le mostraron su aprecio instituyendo en 1951 el “Premio Deming” (una medalla de plata con su efigie).

Una de sus grandes contribuciones es el “control

estadístico de proceso” que facilita el diagnóstico de la calidad de funcionamiento de la máquina. Fue común que durante sus conferencias recomendará que la calidad no debiera medirse sobre el producto terminado, sino debería formar parte del proceso de producción y que ésta se detectara a través del uso frecuente de la estadística. También influyó en el establecimiento de los “Grupos de trabajo”, y la aplicación de la logística.

Deming orientó a los japoneses acerca de que antes de hacer un producto, se investigara el mercado para conocer lo que éste demandaba y de ahí establecer los parámetros que regirían los procesos de producción. Deming siguió trabajando muy estrechamente con los japoneses durante treinta años a través de los cuales hizo de esa nación el emporio que actualmente es y regresó a EUA debido a la fama que en su patria adquirió gracias a las investigaciones que sobre “El milagro Japonés” hizo la periodista norteamericana Clare Crawford Mason.

### Seiichi Nakajima (1928)



En 1950 era un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la planta (JIMP) y fue uno de los muchos industriales de alto nivel que recibieron las enseñanzas de Deming sobre el Mantenimiento Productivo Norteamericano PM y con

base en sus observaciones desarrolló el Mantenimiento Productivo Total. En 1971 lo introdujo en algunas industrias japonesas iniciando con ello el boom de dicha industria y en pocos años todo el mundo apreciaba la

calidad de los productos de ese país. En 1987 dirigió durante dos semanas una misión nipona a los Estados Unidos para dar a conocer su TPM ya que existían muchos industriales norteamericanos con deseos de establecerlo; este efecto se ha replicado en el ámbito mundial con muy buenos resultados. En la actualidad el TPM nos demuestra cómo todo el personal de la empresa incluyendo sus proveedores y distribuidores está involucrado en la productividad.

**CONCEPTO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO (PM)**

Para 1939 las empresas tenían una organización simple, generalmente una dirección general con tres o cuatro subdirecciones o gerencias subordinadas para encargarse de las funciones primarias; producir, vender, administrar y desarrollar las finanzas. El Mantenimiento Productivo (PM) se originó en el área de Producción debido a que ya existían en ella buenos conceptos sobre la división del trabajo, la ciencia y la administración aplicadas a la industria, el uso de la estadística, la búsqueda de la calidad del producto, etcétera; pero estos conocimientos por razón natural no existían en las áreas de ventas, administración o finanzas. La figura 3 nos muestra un organigrama hipotético de una empresa



Figura 3. Organigrama hipotético de una empresa norteamericana en 1950

Recordemos que desde 1919 los señores, W. Edwards Deming, Walter A. Shewhart y Joseph Juran entre otros, estuvieron directamente trabajando para las industrias norteamericanas aportando soluciones a múltiples problemas estableciendo o cambiando procesos tanto técnicos como administrativos. Cuando en 1947 dichas personas arribaron al Japón, además de su gran preparación, llegaron con la idea de que el desarrollo del personal en la industria debería ser aplicado a todos sus integrantes, con énfasis en los dueños y directores generales de las empresas. Las otras direcciones como las de finanzas, administración y ventas no vamos a considerarlas en éste subtema, puesto que el fenómeno se desarrolló solo en producción.

Cuando Nakajima en 1950 inició sus estudios de PM desde Japón, encontró que la industria americana estaba organizada de manera similar a la mostrada en la Figura 3. Ya trabajaban los supervisores y obreros con los grupos de trabajo (GTPM) y ya se empleaba normalmente la Logística. Para facilitar nuestra percepción analicemos solamente la Gerencia de Producción de la mencionada figura y desarrollemos su organigrama (ver figura 4); esto fue lo que encontró Seiichi Nakajima cuando empezó a desarrollar sus estudios del Mantenimiento Productivo norteamericano.



Figura 4. Organigrama hipotético de las Jefaturas principales de la Gerencia de producción

## CONCEPTO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)

La labor de cualquier industria es la de producir en forma conjunta como un solo equipo, como una orquesta, en donde cada dirección, gerencia, departamento, proveedor o persona, debe esforzarse en forma coordinada para obtener beneficios, para lo cual debe emplear con eficacia el capital de trabajo que integra a la empresa. Es evidente que hasta el departamento más insignificante tiene que Preservar y Mantener su propio capital de trabajo, así sean escritorios, teléfonos, equipos de cómputo, escobas, cortadoras de césped, útiles de aseo, etcétera; debido a esto los trabajos de PM tienen que estar considerados que se hacen en toda la empresa y no solo en la dirección de producción. La figura 5 nos proporciona la razón del por qué se le llama "Mantenimiento Productivo Total" ya que para obtener la calidad en toda la empresa es necesario que cada uno de sus departamentos, personas de cualquier nivel incluyendo proveedores tengan un comportamiento holístico.



Figura 5. El PM considerado en toda la empresa

En 1971, después de 20 años de esfuerzo, Nakajima puso en marcha en Japón lo que él llamó Mantenimiento Productivo Total (TPM, siglas en inglés) en el cual todos los departamentos quedaron obligados a realizar labores de PM que deben desarrollar los propios trabajadores de la empresa, esto hace necesario construir sobre el organigrama existente de la empresa y con autoridad Staff, una estructura para administrar el TPM. En la Figura 6 estamos considerando como ejemplo a la Dirección de Producción, en el entendido de que esto se repite en forma similar a las tres Direcciones restantes. La función Staff está mostrada en color verde. Es necesario aclarar que más del 90% del personal que ejecuta estas funciones es el mismo que ya pertenece a la empresa y el restante porcentaje lo ocupará nuevo personal generalmente especializado en el funcionamiento del TPM.

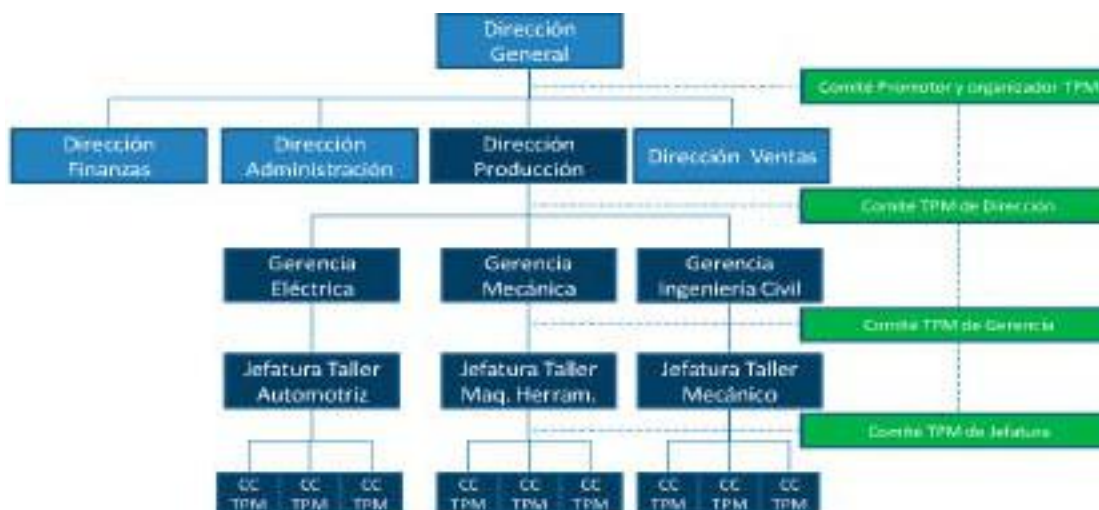


Figura 6. estructurando el TPM en una organización hipotética industrial

Con éstas ideas en mente situémonos en nuestra actualidad 2014 y vemos que a través de un poco más de treinta años las cosas han cambiado en forma exponencial.

En el TPM se considera que en toda la empresa existen activos que conservar, ya que hasta el último hombre tiene herramientas y algunos tipos de recursos a su cargo para desarrollar su trabajo; esa es la razón de ser del "Mantenimiento autónomo" pues como mencionamos, las computadoras, teléfonos, etcétera, también son activos de la empresa por lo que se espera que su costo de ciclo de vida (LCC) también produzca utilidades y deben ser atendidos desde sus primeros auxilios por el usuario. Con esto podemos concluir que lo que en 1950 se estaba haciendo solamente en las áreas de producción (PM) ahora se hace en toda la empresa (TPM).

Lo que a nuestro juicio fue el gran avance que proporcionó Nakajima a la industria mundial, es hacer del PM de un departamento de producción de una empresa que había demostrado proporcionar calidad a su producto, un TPM holístico con el cual hasta el último hombre tiene que desplegar un papel para el adecuado funcionamiento de ésta (incluyendo proveedores, clientes, usuarios etc.) y pondrá voluntariamente sus capacidades para conseguirlo, porque él a su vez se desarrolla como recurso humano de calidad.

#### ***Kaouru Ishikawa (1915-1989)***



En 1947 fue otro de los industriales de alto nivel que recibieron las enseñanzas de Deming y como era un teórico de la administración, dedicó su tiempo a estudiar cómo mejorar la administración de sus industrias y la calidad de los productos japoneses, dedicándose a trabajar desde 1949 como consultor de empresas estudiando a fondo el modelo norteamericano y Japonés en

éstas áreas, heredando el desarrollo más importante que la industria mundial ha experimentado.

Por lo que respecta a la administración, hizo posible que los científicos descubrieran que el recurso humano es el "capital activo" más importante que existe en las empresas ya que consideró que el hombre por naturaleza es bueno y proactivo con lo que le interesa. Esto contrastaba con la forma que recomendaban los grandes industriales de Norteamérica, ya que las teorías de éstos al referirse al trabajador, eran de que debía obligársele a trabajar como un autómatas; al menos estas eran las ideas que proporcionaban los trabajos de W. Taylor y Henry Fayol.

Por lo que atañe a la calidad, Ishikawa se inició con el uso de gráficas de control por muestreo y el empleo de la estadística con el concepto americano. Desarrolló un criterio muy adelantado que le permitió apoyar a su país para que perteneciera a la International Standard Organization (ISO) llegando Kaoru a ser el presidente de la delegación japonesa.

Al igual que Nakajima, Ishikawa puso mucho interés en los Grupos de Trabajo PM desarrollando su propio concepto, los cuales empezaron a funcionar con muy buenos resultados en 1962, fecha en que se implantó en la Compañía de Telégrafos y Teléfonos Nippon el primer Círculo de Calidad. 17 años después se consideró que más de diez millones de trabajadores japoneses pertenecían a dichos grupos y se les llamó "Círculos de Calidad" por que estos integraron la calidad al proceso de producción.

#### **Círculos de calidad**

Se le llama círculo de calidad a un conjunto generalmente formado por cuatro a diez personas que voluntariamente contribuyen al desarrollo de la empresa en donde trabajan y en ésta labor son apoyados por la alta dirección. Los integrantes deben conocer lo mejor posible el

trabajo que desarrollan en conjunto y los problemas que de éste se deriven con el objeto de reunirse preferiblemente cada semana. Debe entre ellos existir un líder, quien puede o no ser el supervisor oficial y es deseable que sea escogido por el grupo. El líder es auxiliado por la alta dirección a través de un facilitador que en nuestro caso pertenece al Comité TPM de Grupo (ver Figura 6) y el cual está muy preparado a nivel empresa en el funcionamiento de estos grupos ya que su principal labor es asegurarse que las soluciones propuestas vayan dirigidas a mejorar las condiciones de trabajo, aumentar la productividad y a producir satisfactores exigidos por el mercado al que son dirigidos.

Ishikawua recomendaba la utilización de lo que el llamó “siete herramientas básicas de la calidad”, tales como los diagramas de Pareto, de Dispersión, de Causa y efecto, etcétera; muchas de ellas fueron de su autoría.

Debemos considerar que El TPM es un sistema de administración diseñado para facilitar el desarrollo de la industria, (no solo el “mantenimiento” de sus máquinas), se apoya en la participación proactiva de todo el personal que compone la empresa incluyendo a los proveedores.

### CONCLUSIÓN

Espero que el estudio de éste artículo haya logrado interesar a mis lectores y los haya convencido de que el esfuerzo mundial por encontrar la forma de elaborar los miles de billones de satisfactores o productos elaborados que exige nuestra vida en la Tierra, solo es posible a través de la efectividad de una industria mundial la cual radica en el “subsistema de productos eficientes” y no en el de “Equipos de trabajo eficientes”. Es conveniente enfatizar que aquí nos referimos a los productos que se elaboran por las empresas y no a las máquinas con las cuales se producen estos, lo que aclara “El Principio de Efectividad Industrial” que se refiere al “Equilibrio entre la calidad de la materia que integra el producto y la calidad del servicio que

ésta proporciona como sistema, durante su ciclo de vida útil”.



Figura 7. Principio de efectividad Industrial

La efectividad de nuestras empresas no la vamos a conseguir nunca mientras sigamos dándole al mantenimiento un lugar equivocado. No señores. El mantenimiento desde el punto de vista ecológico es una rama de la Conservación y menciono la ecología por la razón que buscamos comprender la estructura y funcionamiento inherentes a los seres vivos en su medio ambiente, entonces debemos empezar apoyandonos en la Biología y de ahí en una de sus disciplinas; la Ecología, ya que ésta analiza los elementos naturales y humanos vinculados por la simbiosis que entre ellos existe (ríos, climas, plantas, animales, seres humanos etc.). Entre todos estos elementos el ser humano es especial porque tiene la capacidad de actuar inteligentemente para modificarlo con rapidez de acuerdo con sus intereses ya sean éstos en pro o en contra del sistema.

Una nueva materia que debe existir en nuestro plan de estudios es la “Teoría General de los Sistemas” pues estamos inmersos en un sistema cíclico y nuestra máximo interés debe ser el como cuidarlo.

Autor:  
Ing. Enrique Dounce Villanueva





**Gary Services, C.A.**

Soluciones Integrales

**Mejora de Niveles de Confiabilidad Organizacional Perspectiva Humana**

[www.garyservices.com.ve](http://www.garyservices.com.ve)

Gary Services, C.A  
Rif: j-29904169-6

# Uso Del Programa Life CPR – ComSys<sup>©</sup> Para La Selección Del Accionador Y El Arreglo Óptimo En Plantas Compresoras De Gas (III Parte)

*Este artículo presenta el proceso de evaluación técnico económico que debe ser tomado en cuenta para la selección del tipo de accionador, el tamaño y el número óptimo de trenes en plantas compresoras de gas natural, durante la fase de conceptualización de nuevos proyectos. Técnicamente se verifica que los equipos sean capaces de satisfacer el servicio, y económicamente se jerarquizan las opciones por sus costos de ciclo de vida y las pérdidas de oportunidad causadas por los paros programados y no programados en el horizonte económico. Se introduce además las bondades del programa Life CPR – ComSys<sup>©</sup> (Life Cycle Cost, Procution and Reliability), desarrollado en Visual Basic Application, que facilita el cálculo de las variables técnicas y económicas necesarias para jerarquizar las opciones. Finalmente, se muestra un caso en el que la escogencia del arreglo fue facilitada por el uso del programa computarizado, lográndose reducir el esfuerzo y el tiempo de evaluación en un 35%.*

## EVALUACION ECONOMICA DE LAS OPCIONES

La jerarquización económica de opciones se basa en la comparación de sus indicadores económicos, como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Eficiencia de la Inversión (EI). Estos requieren el cálculo del flujo de caja descontado considerando los elementos previamente mencionados (capex, opex, bonos/penalizaciones y pérdidas de oportunidades). La tasa de descuento y las consideraciones particulares para el cálculo del flujo de caja deberán efectuarse de acuerdo a los lineamientos financieros de la empresa. A continuación algunos comentarios:

- **Infraestructura existente:** cuando se haga uso de infraestructura existente, las inversiones previamente ejecutadas deberán ser llevadas a moneda constante del año de evaluación.
- **Depreciación:** para instalaciones de superficie, se calcula generalmente por el método de la línea recta. Algunos casos especiales

consideran depreciación por unidades de producción. Deberá aclararse si existirá o no valor residual de los activos al final del horizonte económico.

- **Horizonte económico:** debe ser al menos igual a la vida útil del activo principal. Cuando hay limitaciones contractuales (arrendamiento de activos, asociaciones o convenios con terceros), el horizonte económico no podrá exceder el tiempo del contrato.
- **Impuestos:** los que apliquen al proyecto (nacionales, municipales, etc.).

### Opciones de Menor Costo

Son evaluaciones económicas útiles para comparar opciones de proyectos no generadores de ingreso, o que generan los mismos ingresos. La toma de decisión se apoya en el flujo de caja diferencial entre opciones A y B, o entre una opción A y no hacer nada (condición actual).

### PROGRAMA Life CPR – ComSys©

El programa "Life CPR - ComSys", desarrollado en Visual Basic Application (VBA) con interfase Microsoft Excel para la entrada y salida de datos, evalúa técnica y económicamente las diferentes opciones que se pueden tener en centros de compresión nuevos y existentes. El mismo emula el comportamiento del sistema de compresión en el horizonte del proyecto y proporciona la información necesaria para evaluarlo económicamente. Para lograr esto el programa se soporta, entre otras facilidades, de bases de datos y módulos de cálculo.

#### Bases de Datos

- Accionadores comercialmente disponibles, con sus respectivas curvas de operación. La base incluye 22 modelos turbinas a gas (GE, Solar, RR, Alston, NP, etc.) que cubren un amplio rango de potencias ISO (1500 a 60000 Hp); 19 modelos de motores de combustión interna a gas con potencias entre 600 y 8000 Hp; motores eléctricos de inducción entre 1000 y 14000 Hp y síncronos de 10000 a 50000 Hp.
- Frecuencia de ejecución, esfuerzo y costos de mantenimientos programados de los trenes turbocompresores, dependiendo del tipo de accionador, la tecnología de los compresores.
- Estadísticas típicas de falla de equipos y sistemas.
- Indicadores de costos típicos de mantenimientos programados (menor y overhauls) y correctivos acordes al tipo de tipo de accionador y compresores seleccionados.
- Curvas de comportamiento características de accionadores que permiten calcular el comportamiento "rated" y "off-design" del tren. Se incluyen correlaciones típicas para estimar el deterioro recuperable y no recuperable de las turbinas, en función de las horas operadas después de un overhaul. La

Fig. 34 compara la predicción del deterioro hecha por el programa con los datos de campo de la Fig. 22, usando la misma rutina de lavados.

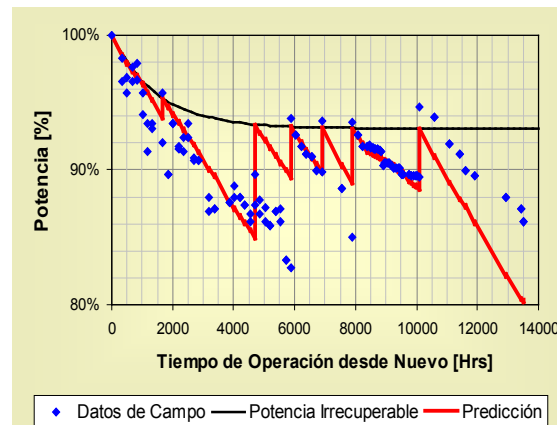


Fig. 34.- Predicción del Deterioro  
- Programa de Lavados de la Fig. 22

- Precios de equipos, cargos de importación, costos de ingeniería, construcción, etc.
- Tarifas vigentes de gas y electricidad (caso venezolano).
- Todas las bases de datos pueden ser actualizadas o ampliadas con facilidad.

#### Módulos de Cálculo

- Análisis de capacidad efectiva, considerando las curvas de operación de los equipos, el derating por condiciones ambientales, pérdidas de eficiencia recuperables y no recuperables, sincronización de los programas de mantenimiento programado en el horizonte del proyecto y análisis determinístico de la probabilidad de falla de los trenes.
- Costos energéticos, basados en los resultados del análisis de capacidad efectiva, la eficiencia en sitio de los equipos y las tarifas vigentes de combustible gas y electricidad.
- Costos de mantenimientos programados y no programados (capitalizables y no Pérdida de oportunidades, cuando apliquen, asociando la indisponibilidad de los trenes con la actividad económica soportada.

- Estimación de inversiones Clase IV, basado en costos FOB de los equipos mayores, recargos por importación, transporte, seguros, costos de ingeniería, construcción, gerencia, etc. Aplicable para plantas nuevas o ampliaciones.
- Evaluación económica opción de menor costo donde se llevan todos los desembolsos (inversiones, costos O&M, afectaciones de producción, penalizaciones, etc.) a valor presente, descontados según lineamientos financieros de la empresa.
- Simulador de gas y curvas típicas de compresores para estimar el consumo energético del sistema.

En los actuales momentos se está actualizando la versión del programa, incorporándose:

- Mayor detalle en la cuantificación de componentes, equipos y sistema, adicionales a los equipos mayores, a fin de llevar la confiabilidad del estimado de inversión a un Clase III (Fig. 35).capitalizables).
- Penalizaciones, cuando apliquen. Aquí se correlaciona en forma sencilla la indisponibilidad programada y no programada de los trenes con el servicio de compresión de gas.

<b>Accionador</b>			
<b>Turbina</b>			
<b>Pruebas</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Prueba sin Carga		
<input checked="" type="checkbox"/>	Prueba con Carga		
<b>Tren Compresor</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Compresor 1		
<input checked="" type="checkbox"/>	Compresor 2		
<input checked="" type="checkbox"/>	Compresor 3		
<b>Pruebas</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Mecánica API</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Performance</b>		
<input type="radio"/>	ASME Clase I		
<input type="radio"/>	ASME Clase II		
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Especiales</b>		
<input type="radio"/>	FLPP Inert Gas		
<input type="radio"/>	FLPP String Test		
<b>Caja de Engranaje</b>			
<b>Caja entre C1 - C2</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Pruebas		
<b>Acoplamientos</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Acoplamiento entre Accionador - C1		
<input checked="" type="checkbox"/>	Acoplamiento entre C1-Caja de Engranajes		
<input checked="" type="checkbox"/>	Acoplamiento entre Caja de Engranajes-C2		
<input checked="" type="checkbox"/>	Acoplamiento entre C2-C3		

Fig. 35.- Listado Detallado de Componentes para Estimado Clase III

- Incorporación de la ecuación de estado BWRS y del modelo de compresión politrópica para mejorar el estimado del consumo de potencia específica BHp/MMscfd.
- Emulación de la temperatura ambiente, para el caso de accionadores a gas. La Fig. 36 muestra un gráfico generado por la rutina EmulaTemp incorporada en el programa.

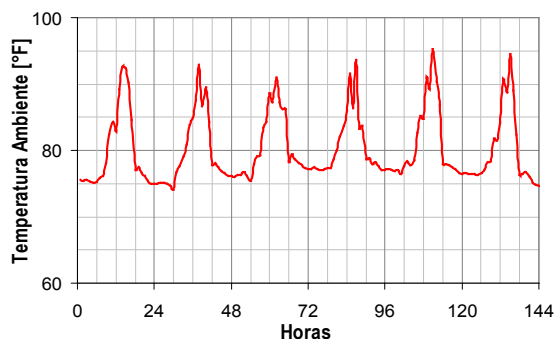


Fig. 36.- Temperatura Ambiente Simulada con EmulaTemp

- Adición de una interfase gráfica que permite configurar fácilmente los arreglos de generación (Fig. 17).
- Simulación de escenarios probabilísticos usando la técnica de Monte Carlo para generar en forma aleatoria una o más variables (perfil de gas a comprimir, inversiones, fallas, costos O&M, etc.) simultáneamente de acuerdo a distribuciones escogidas por el usuario. La Fig. 37 muestra la generación de perfiles de gas aleatorios.

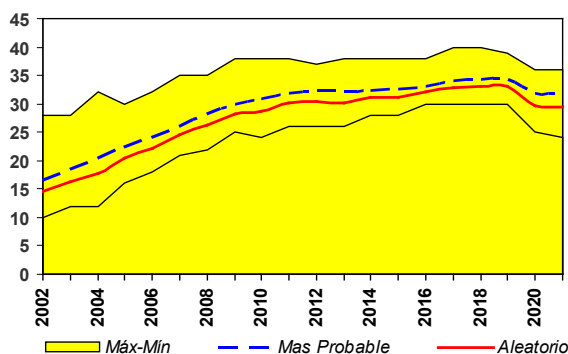


Fig. 37.- Generación Monte Carlo de Perfiles de Gas Aleatorios MMscfd

- Simulación de paros por modo de falla de los equipos. A cada modo se le asocia una base de datos probabilísticos con los tiempos para falla, tiempos para reparar, esfuerzo requerido y costos involucrados. Se incluyen modos de falla inherentes y externos (ambiente, suministro de gas, etc.).

**Beneficios**

Como beneficios y productos aportados por esta herramienta destacan:

- Reducción sensible del tiempo de ejecución de los estudios.
- Homologación de criterios técnico-económicos usados por las especialidades involucradas.
- Desglose año-a-año de los costos e inversiones.
- Sincronización de los mantenimientos programados de todos los trenes.
- Estimados de inversión Clase IV de la IPC de nuevos trenes.
- Reportes de oportunidades perdidas o penalizaciones año-a-año por paros programados y no programados, entre otros.

Las premisas a tomar en cuenta son: todos los trenes de los tres centros deben ser iguales por razones de estandarización; horizonte económico de 20 años; tarifas de gas combustible y electricidad vigentes en el Oriente de Venezuela; pérdidas de oportunidad sólo se asocian a la venta de gas y no a producción diferida de crudo ni LGN; tasa de descuento del 10%; debe garantizarse el 98% mínimo de manejo de gas por disposiciones gubernamentales y ambientales; la evaluación económica estará basada en la opción de menor costo.

Con las condiciones de proceso y la tecnología de compresión utilizada se calculó el consumo específico de potencia [BHp/MMscfd], Tabla 2. Los cálculos indican que se requieren tres cuerpos o etapas de compresión con enfriamiento interetapa.

Centro	Psuc [psig]	Pdesc [psig]	Relación Compres	Potencia [BHP/MMscfd]	
				Compres Recipro	Compres Centrí
1	3	1.05	21,	19	21
2	3	1.15	23,	20	22
3	3	1.25	25,	21	23

Tabla 2.- Potencia Especifica por Centro de Compresión

**APLICACIÓN – CASO PARTICULAR**

Se requiere desarrollar tres nuevos centros de compresión, físicamente separados, con los perfiles de gas [MMscfd] indicados en la Fig. 38.

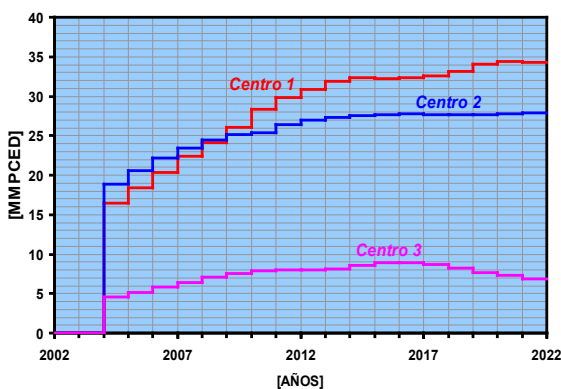


Fig. 38.- Requerimientos de Compresión de Gas [MMscfd]

Las tarifas de gas combustible y electricidad en los primeros 10 años del período son las indicadas en la Tabla 3. El gas combustible considera su valorización en el mercado interno y el pago de regalía a la nación en función de su poder calórico LHV. La tarifa eléctrica considera el convenio vigente con la empresa de suministro y la alícuota de costos de operación y mantenimiento de la red de distribución interna local.

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Gas Comb [US\$/MMscf]	1218	1219	1248	1373	1467	1555	1557	1569	1569
Electricidad [US\$/Kw-h]	0.021	0.022	0.022	0.023	0.024	0.025	0.025	0.025	0.025

Tabla 3.- Tarifas de Gas y Electricidad

Las frecuencias de mantenimiento, dependiendo del accionador y de la tecnología de compresión se indican en la Tabla 4. El porcentaje de indisponibilidad no programada promedio año se da en la Tabla 5.

Accionador	Compresor	Nivel Mto	Frecuencia [hrs]	Tiempo Paro [hrs]
Motor Eléctrico	Reciprocante	I	4.000	4
		II	8.000	12
		III	16.000	72
		IV	32.000	168
	Centrífugo	I	4.000	4
		II	8.000	12
		III	24.000	48
		IV	48.000	168
Motor a Gas	Reciprocante	I	1.000	6
		II	4.000	8
		III	8.000	24
		IV	32.000	480
Turbina a Gas	Centrífugo	I	2.000	6
		II	4.000	8
		III	16.000	48
		IV	32.000	480

Tabla 4.- Frecuencias de Mantenimiento

Tipo de Accionador	Tipo de Compresor	
	Centrífugo	Reciprocante
Motor a Gas (MG)	2,70	3,70
Turbina a Gas (TG)	2,35	3,35
Motor Eléctrico (ME)	1,50	2,50

Tabla 5.- Indisponibilidad no Programada Promedio Año

Para las turbinas se tomó en cuenta las condiciones ambientales del sitio. Con la información de los costos O&M y los estimados de inversión se efectuaron todos los cálculos para más de 400 arreglos ó combinaciones posibles, en los cuales se varió el número de trenes, tipo y tamaño de los accionadores, tipo de compresores y años en los que se incorpora el tren al centro. La Tabla 6 muestra los resultados solamente de las mejores opciones (menor desembolso) para cada tamaño y tipo de accionador en el Centro 1. Las primeras columnas describen la cantidad de trenes, el tipo y el tamaño del accionador. La columna "Qefectiva" indica el porcentaje de manejo de gas promedio en la vida del proyecto, el cual debe ser superior al 98% según se acotó en las premisas. La columnas siguientes detallan en valor presente (VP) los montos de inversión, costos O&M, costos energéticos y pérdidas de oportunidad por gas venteado. Para el caso eléctrico no se incluyó las inversiones necesarias para adecuar la infraestructura eléctrica, ya que estas formaron parte de un estudio separado posterior. Con los otros dos centros se generaron tablas similares.

Driver	Arreglo	Potencia Iso [Hp]	Potencia Sitio [Hp]	Qmax tren [MMPCED]	Qefectiva [%]	VP Inversión (Sin Infraest. Eléc) [MMUS\$]	VP Costos O&M [MMUS\$]	VP Costos Energía [MMUS\$]	VP Gas Venteado [MMUS\$]	VP des-per [MMUS\$]	Observaciones
Motor Eléctrico	5 ME's 1.500 Hp	1,500	1,500	7.5	98.43	7.90	5.52	6.92	0.98	21.32	Tres trenes en el 2.004 y restantes en 2.008 y 2.011.
	4 ME's 1.750 Hp	1,750	1,750	8.8	98.10	7.63	5.52	6.95	0.91	21.01	Tres trenes en el 2.004 y el cuarto en el 2.007
	5 ME's 1.750 Hp	1,750	1,750	8.8	98.51	7.72	5.40	6.94	0.98	21.04	Dos trenes en el 2.004 y restantes en 2.005, 2.009 y 2.018. <b>No se justifica 5to tren.</b>
	4 ME's 2.000 Hp	2,000	2,000	10.1	98.43	5.26	5.82	7.09	1.00	19.16	Dos trenes en el 2.004 y restantes en 2.006 y 2.012.
	4 ME's 2.250 Hp	2,250	2,250	11.3	99.27	5.57	5.53	7.09	0.59	18.79	Dos trenes en el 2.004 y restantes en 2.007 y 2.012.
	3 ME's 2.500 Hp	2,500	2,500	12.6	98.10	5.07	5.89	7.17	1.00	19.13	Dos trenes en el 2.004 y el tercero en el 2.007
Motor a Gas	6 MG's CAT 3606TA ó similar	1.340 @ 1400 rpm	1,340	6.7	98.97	9.89	8.55	4.02	0.72	23.19	Tres trenes en el 2.004 y restantes en 2.006, 2.008 y 2.011.
	5 MG's CAT 3606TA ó similar	1.600 @ 900 rpm	1,600	8.0	98.79	9.65	9.09	3.56	0.69	22.98	Tres trenes en el 2.004 y restantes en 2.007 y 2.010.
	5 MG's CAT 3606TA ó similar	1.775 @ 1.000 rpm	1,775	8.9	98.60	9.49	8.57	3.55	1.16	22.78	Dos trenes en el 2.004 y restantes en 2.005, 2.010, 2.012.
	4 MG's CAT 3608TA ó similar	2.000 @ 900 rpm	2,000	10.1	98.13	9.26	9.24	3.62	1.03	23.16	Tres trenes en el 2.004 y el otro en el 2.010
	4 MG's CAT 3608TA ó similar	2.225 @ 1.000 rpm	2,225	11.2	98.72	9.33	9.12	3.74	0.93	23.12	Dos trenes en el 2.004 y restantes en 2.006 y 2.012.
Turbina Gas	7 TG's Saturno 20	1,590	1,202	5.4	98.73	13.75	8.13	7.18	0.83	29.89	Cuatro trenes en el 2.004 y restantes en 2.007, 2.010 y 2.013.
	3 TG's Centauro 40	4,700	3,553	15.9	98.90	10.83	9.43	7.44	0.80	28.50	Dos trenes en el 2.004 y el otro en el 2.012. Trenes muy grandes, compresores con recirculación constante varios años.

Tabla 6.- Sumario de Costos y Pérdida de Oportunidad del Centro 1

Accionador			Centro 1			Centro 2			Centro 3			Todos los Centros	
Tipo	Modelo	HP sitio	Nro Tren	MMPCED por Tren	Val Pres Des & Per [US\$]	Nro Tren	MMPCED por Tren	Val Pres Des & Per [US\$]	Nro Tren	MMPCED por Tren	Val Pres Des & Per [US\$]	Total Tren	VP Total Des & Per [US\$]
ME	N/A	1,000							3	4.8	7.50	N/A	N/A
	N/A	1,250							2	6.0	7.48	N/A	N/A
	N/A	1,500	5	7.5	21.32	5	7.3	20.67	2	7.1	7.82	12	49.81
	N/A	1,750	4	8.8	21.01	4	8.5	20.44	2	8.3	7.23	10	48.68
	N/A	2,000	4	10.1	19.16	4	9.8	18.14	2	9.5	6.49	10	43.78
	N/A	2,250	4	11.3	18.79	4	11.0	18.96	2	10.7	7.10	10	44.84
	N/A	2,500	3	12.6	19.13	3	12.2	19.00	2	11.9	7.73	8	45.86
MG	CAT 3606TA @ 1.400 rpm	1,340	6	6.7	23.19	5	6.5	22.47	3	6.4	9.15	14	54.81
	CAT 3606TA @ 900 rpm	1,600	5	8.0	22.98	5	7.8	22.27	2	7.6	8.65	12	53.90
	CAT 3606TA @ 1.000 rpm	1,775	5	8.9	22.78	4	8.7	22.38	2	8.5	8.21	11	53.37
	CAT 3608TA @ 900 rpm	2,000	4	10.1	23.16	4	9.8	22.08	2	9.5	8.37	10	53.61
	CAT 3608TA @ 1.000 rpm	2,225	4	11.2	23.12	4	10.9	23.23	2	10.6	9.18	10	55.53
TG	Saturno 20	1,202	7	5.4	29.89	6	5.2	28.19	3	5.1	10.57	16	68.65
	Centauro 40	3,553	3	15.9	28.50	3	15.4	25.83	2	15.0	13.38	8	67.70

Tabla 7.- Sumario de Costos y Pérdida de Oportunidad del Centro 1

La Tabla 7 conglomerada los resultados para los tres centros. Puede apreciarse que la mejor opción viene dada por trenes accionados con motores eléctricos de 2.000 Hp c/u. Sus desembolsos son 9.5 y 24 millones de US\$ menor (valor presente) que los desembolsos de la mejor opción con motor a gas y turbina a gas respectivamente. En el caso de motores a gas, los menores desembolsos se obtuvieron para trenes de 1.775 Hp c/u, pero los mismos resultaron bastante cercanos a los de los trenes de 2.000 Hp. A fin de establecer un tamaño único de trenes, accionados a gas ó electricidad, se decidió escoger trenes de 2.000 Hp. Las turbinas a gas no son buena opción, por cuanto resultan o muy grandes o muy pequeñas. Las dos turbinas evaluadas corresponden a modelos comerciales, ampliamente usados y con buena experiencia operacional. En el caso particular de las turbinas Centauro para el Centro 3, la línea de color naranja de la Fig. 39 indica que existirá recirculación constante casi toda la vida del proyecto. Esto se elimina cambiando el "staging" del compresor, pero se rompe la estandarización de equipos entre los tres centros.

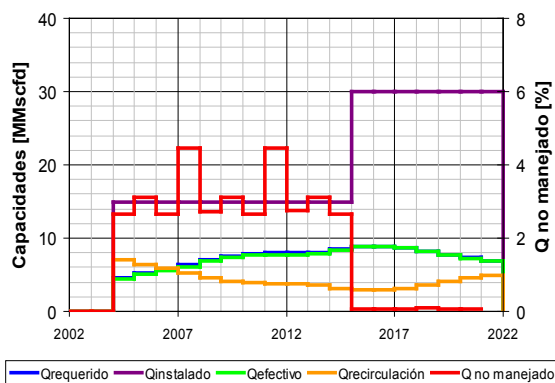


Fig. 39.- Resultados de la Emulación – Turbina Centauro

AUTOR:

Enrique J. González.  
 Ingeniero Mecánico de la Universidad Simón Bolívar (1986)  
 Maestría en Ingeniería Mecánica en la Universidad de Texas A&M.

# $P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$

## Practical Application Of The Theorem Of Bayes For The Estimation Of Availability In Industrial Assets

### INTRODUCTION

During the development of any engineering study on reliability, one of the key activities for them to be performed effectively is the estimation of the failure and repair rate of an asset, which are meant to model statistically the availability of an asset through mathematical functions known as probability distributions, with the study of operation times and out-of-service times (see Fig. 1).

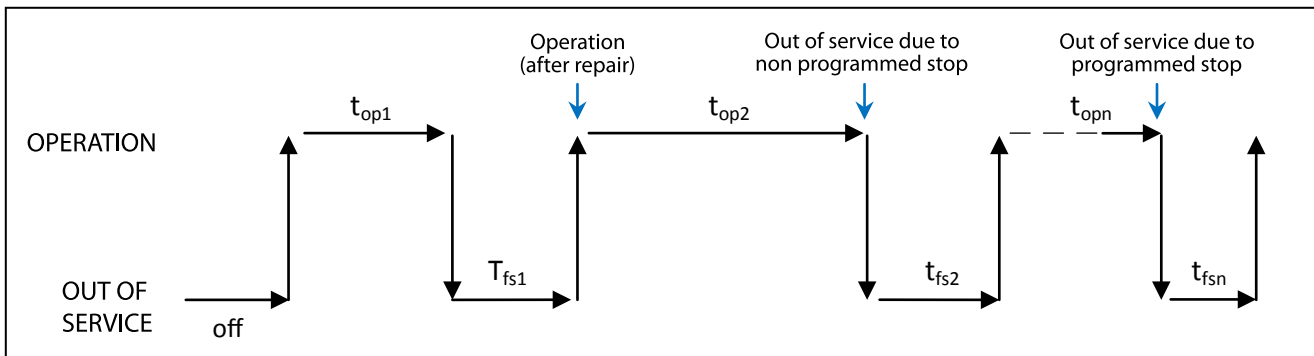


Fig. 1. Operation and Out-of-service Times of an Asset.

$$\text{Availability} = \frac{\text{Average Time of Operation}}{\text{Average time of Op} + \text{Average Time Out of Service}}$$

Whereas for repairable systems:

- Average Time of Operation = Mean Time Between Failures (MTBF)
- Average Time out of service = Mean Time to Repair (MTTR)

In this sense, an incorrect estimation of these values would negatively affect the results obtained in the studies performed, since we would be estimating based on an unreal behavior of the asset.



It's important to emphasize that the failure and repair rates can be estimated through sources of different nature, be it generic or specific, that is, we can calculate them using the register of failures and repair of the asset itself or using the generic databases such as OREDA, IEE 497, PARLOC, EXIDA, among others, and even using the opinion of experts in an adequate way, trying to eliminate subjectivity, it's an excellent source of information.

In this vein, Yañez and others, 2007, proposes the use of Bayes theorem to estimate failure rates and repair equipment. The author notes that this Theorem, "allows the combination of structured and mathematically supported form of the experience of others (prior knowledge) with experience (evidence), thereby obtaining more representative combination rates flows operational reality the process under analysis (improved or updated knowledge)."

In this article we intend to show in a practical way and structured application of Bayes' theorem in the estimation of the availability of two turbo-generators and power generation system via Monte Carlo simulation.

Then, the estimation procedure thereof is shown.

**Revision of the Failure Data**

First, a revision of the failure data associated to the turbo generators was performed. In it, there was evidence that the record doesn't separate the failures associated to the turbine from those of the generator, as required by the ISO 14224:2006 standards. This leads to the analysis of the turbo generation as a whole.

Hence, a summary of the operation times and out of service time from each turbo generator unit is shown. We should remark that each of the times was altered with the purpose of keeping their confidentiality.

Times Between Failures		
387,58	1,91	1824,17
765,33	715,83	14835,5
1,67	3674,02	8
150,83	6502,17	0,58
0,25	137,33	2,33
4,83	3293,25	5,67
1,67	237,33	2
1	1	1,25

Times Out of Service		
3505,67	786,5	1835,5
29,33	170,5	763,5
666	440,15	22,92
1367,67	704,5	72,67
2771,47	1381,75	649
1489	413	420,33
1583	0,83	248
223,42	5232,67	140,75

Number of failures: 24

Table 1. Operations and Out-Of-Service Times. Unit TG-100.

Times Between Failures			
1178	227	2	92,5
815,83	254,75	3256	3079,5
148,75	838,83	552,5	1720,83
47,75	2335,33	70	2184,83
67,5	5529,48	1207,33	624,58
1109,48	2,75	857	48,5
266,67	2,167	931,33	1416,5
1899,83	533,5	1821,83	37,83
598,58			

Times Out of Service			
223,5	1733,75	1742	3,67
2693	610,75	1	2216,08
669,42	24,5	1629,17	1
8229,75	5,17	6,5	22,5
2,5	20,5	70,08	6,5
2,25	4010,17	8,17	1
164,83	0,5	1	743,99
5,08	62,52	4,33	4,67
0,83			

Number of failures: 33

Table 2. Operations and Out-Of-Service Times. Unit TG-101.

Actualization of Failure Rate (Theorem of Bayes)

Next, based on the previous data and with the purpose of improving the times between the failure and the times of repair, the Theorem of Bayes was applied to reliability studies, proposed by Yáñez (2007). Since, as mentioned before, it allows obtaining failure rates more adjusted to the operational reality of the asset, by means of combining the experience of others (use of generic data) with your own experience (failure register). See Fig.2.

• Generic data from similar processes (OREDA) will be combined with own data or evidence, through the Theorem of Bayes which will allow obtaining more representative information from the operational reality

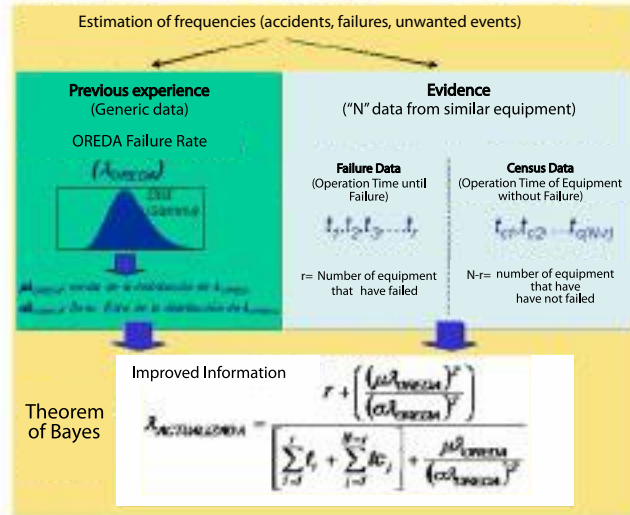


Fig. 2. Actualization Mode of Failure Rate (Yáñez, 2007).

Regarding generic data, information supplied by the Offshore Reliability Data (OREDA, 2009) was used, which is a complete database containing reliability and maintenance data from exploration and production equipment in the oil and gas industry. From it, all the failure modes downloaded from the database were used, either for the turbine and the generator as well.

Such data are substituted in the Equation 2, from the model:

$$\lambda_{ACTUALIZADA} = \frac{r + \left( \frac{\mu \lambda_{OREDA}}{\sigma \lambda_{OREDA}} \right)^2}{\left[ \sum_{i=1}^r t_i + \sum_{j=1}^{N-r} t_j \right] + \frac{\mu^2 \lambda_{OREDA}}{(\sigma \lambda_{OREDA})^2}}$$

The following data were obtained:

DATA	TURBINE	GENERATOR
OREDA Median ( $\mu \lambda_{OREDA}$ )	2303,45	324,68
OREDA Est. Dev. ( $\sigma \lambda_{OREDA}$ )	1624,29	319,45
Lower Limit	412,2	18,31
Upper Limit	5454,88	960,23
Scale	1145,53	312,65
Form	2,01	1,04
TPPF OREDA	2302,5153	325,156

Improved Failure Rate ( $\lambda$ )	0,0010483
<b>Improved Average Time between Failures</b>	<b>953,93</b>

Table 3. Turbine – Generator Generic Data.

Likewise, the improved failure rate from the TG-101 turbo generator was estimated, obtaining the following historical data:

Total time	33759,3008
Nr of Failures	33
$\mu$ OREDA	0,00262813
$\sigma$ OREDA	0,00165541

From the Failure Register, the following data is obtained for the Turbogenerator TG-100:

Total time	24918,0675
Nr of Failures	24
$\mu$ OREDA	0,00262813
$\sigma$ OREDA	0,00165541

Substituting such data in Equation 2, the following data were obtained:

Improved Failure Rate ( $\lambda$ )	0,0010231
<b>Improved Average Time between Failures</b>	<b>977,42</b>

**Modeling Block Diagram**

From the information of improved failure rates, the Reliability Block Diagrams (RBD) were obtained, with the purpose of representing the architecture and operational philosophy of the generation system.

Thus, the RAPTOR 7 tool from ARINC was used, which allows modeling complex systems considering the operational philosophy and the times of failure and repair. Here, the operational philosophy of the turbo generator units in regular operations conditions appears under the philosophy k of n, 1 of 2, that is, one operating turbo generator and the other as a backup, which only starts to function in case of a programmed stop or failure from the other turbo generator. Also, the TG-101 generator is installed to operate only in case of the TG-100 turbo generator is out of service.

Hence, the proposed block diagram:



Fig. 3. Reliability Block Diagram – Turbo generator Units

It's important to emphasize that, with the purpose of simulating the real operational conditions and maintenance of equipment, programmed stops were considered for maintenance every 1,000 hours of operation, with a minimum duration of 72 hours, a maximum of 192 hours and an average of 168 hours.

**Montecarlo simulation to estimate Availability**

After that, a simulation of the reliability block diagram (RBD) was performed using the Montecarlo simulation, which allows reducing the uncertainty in this kind of analysis.

The simulation of results for 50 iterations in the following 10 years of operations is presented in Table 3:

Year	Median	Est. Dev.	Min. Value	Expected Value	Max. Value
Year 1	99,85%	0,12%	99,65%	99,83%	99,97%
Year 2	99,82%	0,14%	99,59%	99,77%	99,89%
Year 3	99,86%	0,10%	99,70%	99,85%	99,96%
Year 4	99,81%	0,12%	99,61%	99,79%	99,94%
Year 5	99,80%	0,09%	99,68%	99,80%	99,92%
Year 6	99,79%	0,09%	99,66%	99,79%	99,91%
Year 7	99,82%	0,07%	99,73%	99,82%	99,92%
Year 8	99,80%	0,09%	99,69%	99,80%	99,92%
Year 9	99,78%	0,08%	99,71%	99,79%	99,90%
Year 10	99,79%	0,08%	99,68%	99,79%	99,89%

Table 3. Results obtained.

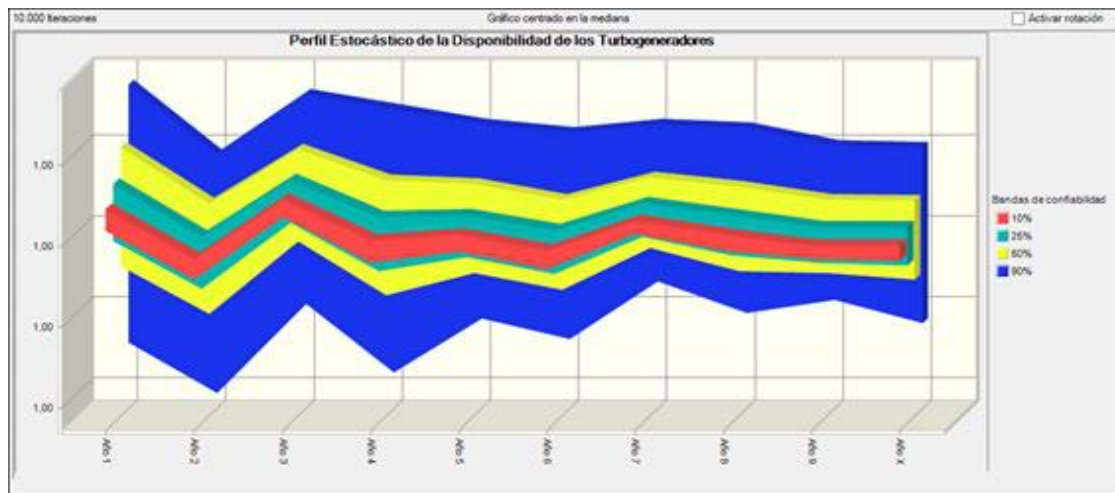


Fig. 4. Stochastic Profile of the Turbo generators' Availability.

Likewise, in Figure 5, the results shown RAM parameters for year 10

Results from 50 runs of sim time 87600.000000:

Parameter	Minimum	Mean	Maximum	Standard Dev	SEM
Availability	0.996332196	0.997832937	0.999204060	0.000701288	0.000099177
MTBDE	864.203744	1638.308548	3501.211026	571.522883	80.825541
MDT	2.375729	3.231627	4.662389	0.517066	0.073124
Reliability	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
Conditional Reliability	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
System Failures	25	58.880000	101	17.389464	2.459242

Fig. 5. Results from the simulation for year 10.

**DISCUSSION OF RESULTS**

From the simulation of results we conclude:

-The annual availability for the turbogeneration system for year 10 is 99.79%, with a minimum of 99.68% and a maximum of 99.89%.

-The stochastic profile shows that the availability values of the system are above the international standards, since throughout the time, the availability will remain above 99%.

-The mean time between failures of the system is 1638.30 with a standard deviation

of 571.52.

-The mean time to repair of the system is 3.23 hours, with a minimum of 2.38 hours and a maximum of 4.66 hours.

-Regarding the number of failures for the next 10 years, there is a minimum of 25 failures, a maximum of 101 and an average of 59 failures.

It's important to emphasize that the results obtained must be updated with the enrichment of the failure register and repair of assets, since the estimated rates would come closer to their operational reality.

AUTHOR:

MSc. Osberto Díaz

REFERENCES

Yañez Medardo, y Otros. (2007) "Confiabilidad Integral, Un Enfoque Práctico", Tomo II, Metodologías. R2M.

ISO 14224. Industrias de petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos, 2006.

Ebeling, Charles. (2009) "An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering". Waveland.

O'Connor, Andrew. (2011) "Probability Distributions used in Reliability Engineering ". University of Maryland 2009.



AVEPMCO es la Asociación Venezolana de Profesionales del Mantenimiento y Confiabilidad, que promueve el intercambio científico, técnico y cultural de todas las personas naturales y jurídicas relacionadas con el Mantenimiento y la Confiabilidad que manifiesten interés en mejorar sus técnicas y conocimientos, intercambiar información, difundir conocimientos a la sociedad y colaborar con organizaciones públicas o privadas vinculadas con el tema.

Av. Jorge Rodríguez,  
Centro Comercial Colonial,  
Piso 1, Oficina 18,  
Lechería, Edo. Anzoátegui. Venezuela

[info@avepmco.org.ve](mailto:info@avepmco.org.ve)  
+ 58 281 423.70.10  
+ 58 281 286.74.06  
[www.avepmco.org.ve](http://www.avepmco.org.ve)



# Do Invento da Roda a Fórmula 1

Nos Congressos Internacionais dos últimos anos, pelo menos 50% das conferências tratam de Gestão de Ativos, uma vez que, com a evolução tecnológica, a globalização e a competitividade, cada vez mais empresas devem buscar ser mais eficientes e eficazes mantendo alto nível de qualidade, tempo de entrega adequados, eliminação de riscos de acidentes e de contaminação.

No ano de 2014 teremos aprovada uma nova norma internacional, a ISO 55000, que regulamenta procedimentos para o tema de onde destacamos alguns conceitos importantes:

"Gestão de Ativos: Atividade corporativa organizada que busca a geração de valores pelos ativos."

"Atividade também se refere a aplicação de elementos do Sistema de Gestão de Ativos."

"O termo Atividade Corporativa tem um significado amplo e pode incluir, por exemplo, os projetos e suas aplicações."

"A Geração de Valores normalmente irá envolver o equilíbrio entre custos, riscos, oportunidades e benefícios de melhoria de desempenho."

"Valores podem ser tangíveis e intangíveis, financeiros e não financeiros e incluem considerações de riscos e confiabilidade."

"Vida de um Ativo é o período desde a sua concepção até o seu descarte."

"Custo do Ciclo de Vida são as etapas que envolvem a gestão de custos na vida de um ativo."

Além disso, esta mesma norma indica que:

"A gestão de ativos envolve o equilíbrio de custos, oportunidades e riscos através do desempenho desejado, para obter os objetivos organizacionais. O equilíbrio pode ser que necessite para ser considerado em diferentes etapas de tempo."

"A Gestão de Ativos orienta uma organização para examinar a necessidade e o rendimento dos ativos e seus sistemas, em diferentes níveis. Além disso, orienta a aplicação dos enfoques analíticos na gestão de ativos nas diferentes etapas de seu Ciclo de Vida (o qual pode começar com a concepção de sua necessidade até sua desativação e inclui o manejo de qualquer possível eliminação dos ativos desnecessários)"

De onde se destaca o texto:

"...nas diferentes etapas de seu Ciclo de Vida (o qual pode começar com a concepção da necessidade do ativo até sua desativação e inclui o manejo de qualquer possível eliminação dos ativos desnecessários)."

O que reforça a condição de busca permanente de ações que gerem valores, eliminando os desperdícios de insumos, tempo e improdutividades de forma a permitir que a empresa siga progredindo mesmo quando as condições de mercado são desfavoráveis.

Portanto, a Gestão de Ativos não envolve somente a manutenção e sim toda a organização além do que o termo "ativos" não se refere somente aos "ativos físicos" e sim todo

o tipo de ativo como o capital humano, os padrões, os procedimentos etc., onde se considera que a função manutenção passa a ser a mais indicada para fazer a coordenação do projeto que deve estar orientado para o foco financeiro e estratégico.

Apresentamos, em seguida, a sucessão de alguns eventos, procedimentos, técnicas, métodos, propostas e situações que ratificam a aplicação da Gestão de Ativos até os dias de hoje (e que justificam o título deste trabalho).

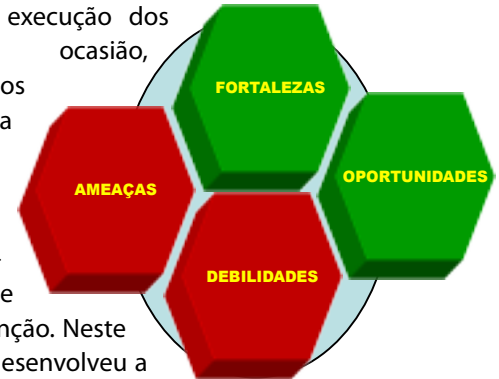
Pode-se dizer que tudo começa com a primeira revolução industrial . No século XIX com a mecanização das indústrias surge a necessidade dos primeiros reparos.

Até 1914, as máquinas eram robustas e superdimensionadas e a manutenção tinha uma importância secundária sendo executada pelo mesmo efetivo da operação. Com o advento da Primeira Guerra Mundial e a implantação da produção em série, instituída por Ford, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, como consequência, sentiram a necessidade de criar equipamentos que pudessem efetuar reparos nas máquinas no menor tempo possível. Assim, surgiu um órgão subordinado a operação cujo objetivo básico era a execução da manutenção, hoje conhecido como corretiva.

Esta situação se manteve até a década de 1940, quando, em função da Segunda Guerra Mundial e a necessidade de aumentar a rapidez de produção, as altas administrações passaram a se preocupar não somente em corrigir falhas, mas também em evitar que ocorressem, razão pela qual o pessoal técnico de manutenção passou a desenvolver um processo de prevenção de avarias (baseadas em tempo e seguindo as recomendações dos fabricantes) que, juntamente com a correção, completaram o quadro geral da Manutenção

Nos anos 1950, com o desenvolvimento da indústria para atender aos esforços pós-guerra, a evolução da aviação comercial e da indústria

eletrônica, os gerentes de manutenção observaram que, em muitos casos, o tempo gasto para diagnosticar as falhas era maior que o tempo gasto para execução dos reparos. Nesta ocasião, selecionaram grupos de especialistas para a criação de um órgão de assessoramento chamado PCM - Planejamento e Controle da Manutenção. Neste mesmo período se desenvolveu a análise SWOT



A tecnologia da informação da época era baseada em gigantescos mainframes que executavam os primeiros sistemas de controle de estoque - atividade pioneira da união entre gestão e tecnologia. A automatização era cara e lenta - ainda que demandasse menos tempo que os processos manuais - e para poucos .

Em 1960 a IATA (International Air Transport Association) tendo em conta que as ações preventivas tradicionais não garantiam a segurança dos vôos começa a desenvolver os conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade .

Na segunda metade dos anos 60 até o ano 1970, com os computadores mais acessíveis, o fortalecimento das Associações Nacionais de Manutenção, criadas no final do período anterior e a sofisticação dos instrumentos de proteção e medição, o PCM passa a contar com uma área especializada em análise: a "Engenharia de Manutenção", que passou a calcular e analisar os indicadores de manutenção. Além disso, surgem neste período os CMMS (Sistemas Computadorizados para Administração da Manutenção) que evoluíram para os atuais EAM (Sistemas de Administração de Ativos) das empresas.

Aparecem os MRP's (Material Requirement Planning) - Planejamento das Requisições de Materiais -, antecessores dos sistemas ERP

(Enterprise Resource Planning).

Se passam a desenvolver critérios de predição de falhas, com o objetivo de otimizar o desempenho dos grupos de execução da manutenção. Esses critérios, conhecidos como Manutenção Preditiva ou Previsiva, foram associados a métodos de planejamento e controle de manutenção automatizada, reduzindo as tarefas burocráticas dos executantes da manutenção.

Neste mesmo período aparecem o TPM (Total Productive Maintenance - Manutenção Produtiva Total - 1971) onde se implementa a chamada "manutenção autônoma", ou seja, algumas atividades de manutenção passam a ser executadas pelo operador.

Em 1980 as plantas geradoras de eletricidade que funcionam com energia nuclear e o IIE - Instituto de Investigações Elétricas, com o objetivo de abater custos (mais que melhorar a qualidade do produto) modificam a Manutenção Centrada em Confiabilidade tão profundamente que foi dado lugar a Otimização da Manutenção Planejada (PMO).

Em 1982 houve a queda de produção (taxas negativas na Grã-Bretanha e em outros países europeus) gerou grande aumento do desemprego (Estados Unidos registra em um único mês meio milhão de desempregados a mais), a produção industrial cai na Grã-Bretanha nos mesmos níveis de 1967 e, pela primeira vez desde 1945, o comércio mundial cai durante 2 anos consecutivos. O fechamento de empresas e demissões em massa ocorreu em níveis até então não vistos desde a grande depressão de 1929.

Começa a se desenvolver uma tendência que continua crescendo desde então. Regiões inteiras de tradição industrial vêm o encerramento sistemático de fábricas e mineradoras e a taxa de desemprego alcança índices de 30%. Na busca de redução de gastos deixou-se de realizar a manutenção e, em consequência, ocorre o aumento de perdas de

patrimônio e o aumento de acidentes.

Nesta época se dá o Início das redes de computadores conectadas a servidores - mais baratos e fáceis de usar do que os mainframes. O MRP se transforma em MRP II (Manufacturing Resource Planning), e passa a controlar também outras atividades como mão de obra e máquinas e ferramentas especiais. Nasce o ERP (Enterprise Resource Planning)4.

Em 1986, se desenvolve, nos Estados Unidos, a metodologia de avaliação por Radar que têm como principais vantagens a simplicidade de aplicação e a possibilidade de obter dos operadores e mantenedores a identificação de pontos fortes e debilidades da empresa.

Em 1988, Taiichi Ohno (Engenheiro Chinês, chefe da Toyota Motors Company) divulga os conceitos do TPS na publicação: "Toyota Production System: Beyond Large-scale Production, - Productivity Press" que indica "Os valores sociais mudaram. Agora não podemos vender nossos produtos a não ser que esteja localizado dentro dos interesses de nossos consumidores, cada um dos quais tem gostos e conceitos diferentes. Hoje, o mundo industrial se viu obrigado a dominar o sistema de produção múltipla, em pequenas quantidades".



Em 1990 é criado a "North American Maintenance Excellence Award (EUA)" cujo objetivo é impulsionar a qualidade e competência em uso das "melhores práticas" e a identificação das empresas líderes; assim como a divulgação e o intercâmbio das melhores práticas, estratégias e benefícios derivados da



implementação .

1. Trabalho em equipe;
2. Contratos orientados à produtividade;
3. Integração com fornecedores de materiais e serviços;
4. Apoio e visão da direção;
5. Planejamento e Programação proativa;
6. Melhoria Contínua;
7. Gestão disciplinada do estoque de materiais;
8. Integração de Sistemas;
9. Gestão de Paradas da Planta;
10. Produção baseada em confiabilidade.

Em 1991, a Dupont apresenta sua proposta de avaliação da Grade de Maturidade da empresa que, saindo do nível "Tradicional" se passa ao nível "Transição" e se alcança o nível "Classe Mundial". Esta proposta foi sucedida pela avaliação de McKinsey em 1995 onde se amplia de três para doze pilares com cinco níveis cada um e, em 2000, por Tompkins Associates Inc. com sete pilares e cinco níveis cada um.

Em 1993, uma nova forma de gerenciar era requerida e assim nasce o Institute of Asset Management (IAM), agrupando diversas empresas interessadas em compartilhar experiências e melhores práticas. Este Instituto estabelece novas práticas chamadas de Gestão de Ativos que trouxeram uma revolução no Reino Unido, Austrália e Nova Zelândia que, dois anos depois, já tinha um grupo de companhias destes países associadas ao instituto .

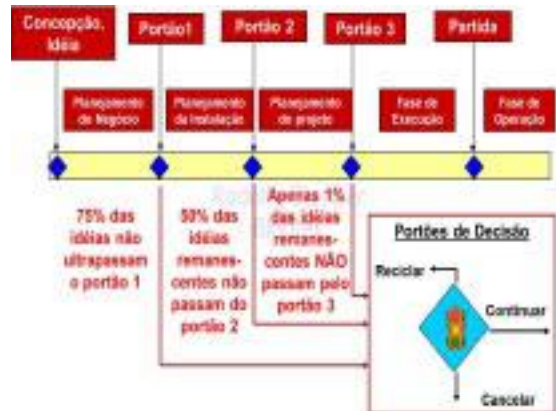
Em 1998, se observa, para diferentes mercados e indústrias, a necessidade de criar as bases sólidas para o Gerenciamento de Ativos e, em 2003, se estabelece o Comitê Bri-tish Standard em Gerenciamento de Ativos que, em maio de 2004 publica as especificações "British Standard PAS 55" apoiada pelas normas ISO 9000, ISO 14000 e OSHA 18000. Nesta época, os CMMS evoluíram para os EAM.

En 2005 se incorpora el mantenimiento en la filosofía FEL (Front End Loading), también

conocida como "Planeamiento Preproyecto (PPP) o "Ingeniería Final del Inicio del Proyecto" (FEED) que es un método de desarrollo de proyectos de capital (9).

Em 2005 se incorpora a manutenção na filosofia FEL (Front End Loading), também conhecido

como "Planeamento Pré-projeto (PPP)" ou "Engenharia Final do Início do Projeto (FEED)" que é um método de desenvolvimento de projetos.



Em 2008, a grande aceitação do PAS 55 levanta outra norma ISO que considera tudo o que foi feito até então de uma forma mais sistemática.

Em 10 de Agosto de 2010, o comitê técnico da ISO decide a criação de um padrão in-ternacional para a Gestão de Ativos baseado na PAS 55 - a ISO 550008.

Na atualidade, o desafio é rentabilizar o negócio com sustentabilidade fazendo com que o gerenciamento de ativos físicos seja considerado como um negócio e conduza a aplicação da ISO 55000 como um guia para o sucesso.

AUTOR:

Alexandre Dias Tavares

Adaptación en portugués del artículo:  
"Del invento de la rueda a fórmula 1"

# Mantenimiento en Latinoamérica

ISSN 2357-6840



La revista para la gestión confiable de los activos

Volumen 6 N° 3

Mayo - Junio 2014

Mantenimiento



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

La industria mundial se encuentra ante una disyuntiva:

- 1) Continuar aplicando sus ancestrales criterios de mantenimiento industrial, desarrollados desde la edad de piedra.
- 2) Empezar a implantar la naciente filosofía de la Conservación Industrial, con criterios desarrollados a través de la observación del funcionamiento del sistema de conservación terrestre. En ambos casos podemos pronosticar lo que sucederá dentro de algunas centurias.