

# PREDICTIVA 21

**LO QUE FUE EL 2015  
EN EL MUNDO DEL MANTENIMIENTO**

**5 PRÁCTICAS DE LUBRICACIÓN  
PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO  
DE SUS SISTEMAS HIDRÁULICOS**

**IMC 2015: GESTIÓN DE ACTIVOS  
EN ESPAÑOL**

**6 ERRORES A EVITAR CON EL SOFTWARE  
DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS (EAM)**

**GRAN ENCUENTRO DE MANTENEDORES  
EN URUMAN 2015**

**ENTENDIENDO LA BIOCORROSIÓN**

**PUERTO RICO SEDE DEL RELIABILITY  
AND MAINTENANCE CONGRESS 2015**

**ENRIQUE DOUNCE VILLANUEVA:  
LA CONSERVACIÓN DEL PLANETA  
ES LA META FINAL DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS**



**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**



## ¡GRACIAS 2015! ¡BIENVENIDO 2016!

Esta es nuestra segunda edición aniversaria, y es para nosotros un inmenso placer compartirla con todos ustedes, nuestros fieles lectores y suscriptores. Como cada diciembre, llevamos para ustedes los hechos más destacados del mundo del asset management, un compendio de los logros de este año en un sector tan importante como la ingeniería de mantenimiento, que poco a poco se consolida ante la opinión pública mundial como un factor decisivo en la economía, el desarrollo humano y el cuidado ambiental. Paso a paso, la industria mundial ha comprendido la importancia de la figura del mantenedor, y su antiguo rol ha ido evolucionando, creciendo, ganado espacios y, cómo no, mucho respeto. Una muestra de ello son los congresos y eventos internacionales que tienen lugar cada año, en donde cada nueva edición supera la anterior. Como en una espiral positiva, esta sucesión de eventos sobre mantenimiento, que se realizan en diversos países de Iberoamérica y en Norteamérica, ponen de manifiesto la expansión de la gestión de activos, el intenso interés que suscitan en otras ramas industriales y, muy importante, su marcada presencia en casi todas las etapas de la cadena de valor. De ahí lo insoslayable de nuestra profesión, pues involucra un todo al cual no escapa casi nada. Por supuesto, la transferencia de conocimientos (uno de los aspectos básicos sobre los cuales descansa toda civilización) y el merecido aplauso a los pioneros de esta disciplina, así como los premios ganados a punta de esfuerzo y las sabias palabras de los líderes del asset management, tienen espacio en estos eventos, el sitio natural para intercambiar experiencias y crear alianzas de progreso. Esperamos que disfruten de esta nueva edición que hemos preparado para cerrar este 2015 con broche de oro, deseándoles un próspero y muy venturoso 2016.

**Enrique González**  
Director

## JUNTA DIRECTIVA

**Publisher / Editor:**

Enrique González

**Director de Mercadeo:**

Miguel Guzmán

**Directora Editorial:**

Alimey Díaz

**Periodista Editor:**

Maite Aguirrezabala

**Diseño y Diagramación:**

María Sophia Méndez

**Digitalización y Web Master:**

Edgar Guzmán

Crisnar Rivero

**Community Manager:**

Daniela Angulo

**Diseño Portada:**

María Sophia Méndez

Daniela Angulo

**Colaboradores:**

Gerardo Trujillo C.

Scott Kelley

Mike Poland

Víctor D. Manríquez

Martín Lémoli

Martin Ivan Cevallos G.

José Rafael López F.

Edwin Ericson Gutiérrez

María Teresa Romero

Ismaira Rivera-Fernández

Luis Amendola

Luigi Anthony Rondón

Enrique Dounce Villanueva

Juan Carlos Ovando Sierra

Augusto Sánchez Cifuentes

Mauricio Iván Huchin Miss

Miguel J. Martínez Ruiz

Roger M. Sánchez Parrao

Brau Clemenza

Bárbaro Giraldo C.

Zuleima Vírguez

Juan Bautista Rengifo

---

*Predictiva21 no se hace responsable por las opiniones emitidas en los artículos publicados en esta edición. La línea editorial de esta publicación respetará las diversas corrientes de opinión de todos sus colaboradores, dentro del marco legal vigente.*

- 03** EDITORIAL
- 06** Lo que fue el 2015 en el mundo del mantenimiento  
*Nota de prensa*
- 10** Cinco prácticas de lubricación para mejorar el desempeño de sus sistemas hidráulicos  
*Artículo técnico*
- 14** Policy and Procedures  
*Artículo técnico*
- 17** Políticas y Procedimientos  
*Artículo técnico*
- 20** IMC 2015: Gestión de Activos en español  
*Nota de prensa*
- 26** Seis errores a evitar con el software de la gestión de activos (EAM)  
*Artículo técnico*
- 32** ¿Cómo afecta la desalineación en la confiabilidad de un motor eléctrico?  
*Artículo técnico*
- 36** How does misalignment the Reliability of an electrical engine?  
*Artículo técnico*
- 40** Costos Operacionales. ¿Conoce usted el costo de reconducción por kilómetro de su vehículo?  
*Artículo*
- 42** Gran encuentro de mantenedores en Uruman 2015  
*Nota de prensa*
- 46** Entendiendo la biocorrosión  
*Artículo técnico*
- 56** Análisis Costo Riesgo Beneficio para la selección de conductores de una planta de generación eléctrica  
*Artículo técnico*
- 67** Puerto Rico sede del Reliability and Maintenance Congress 2015  
*Nota de prensa*
- 68** Gestión de la Comunicación en Proyectos del sector de Servicios petroleros  
*Artículo técnico*
- 74** La gestión de activos como política  
*Artículo técnico*
- 78** Próximos eventos. Avances Tendencias Debate Investigación  
*Nota de prensa*
- 80** Evaluación de Desempeño de bombas centrífugas en una planta de inyección de agua  
*Artículo técnico*
- 84** PMM University  
*Nota de prensa*
- 86** Enrique Dounce Villanueva: la conservación del planeta es la meta final de la gestión de activos  
*Entrevista*
- 93** Auditorías Energéticas en el sector de servicios como parte de la gestión energética en México  
*Artículo técnico*
- 102** ¿Qué tal emprender un negocio Outsourcing de mantenimiento?  
*Artículo técnico*
- 104** Confiabilidad Humana y Comunicación  
*Artículo técnico*
- 107** Remembranzas del mantenimiento  
*Artículo técnico*

# LO QUE FUE EL 2015 EN EL MUNDO DEL MANTENIMIENTO

*Congresos, conferencias, ruedas de negocios, grandes acercamientos a nivel de asociaciones fueron algunas de las actividades que marcaron el arranque de los avances que ha tenido el sector en los últimos tiempos, adaptados siempre a las nuevas y globalizadas necesidades de un mercado que va en ascenso.*

El 2015 fue un año de grandes encuentros para los actores del mantenimiento y la gestión de activos a nivel mundial, cada vez cobra más fuerza la necesidad de crecimiento del sector y la evolución hacia una visión más integral y competitiva, adaptada a los requerimientos de las empresas y sus prácticas en las diversas ramas de acción del Asset Management.

“Acostumbrémonos a Pensar en grande” frase de la autoría de Julián Cardona, presidente de ACIEM, marcó el 7mo Congreso de Mantenimiento y Gestión de Activos, realizado en Cartagena-Colombia el pasado mes de mayo, el cual se destacó por una impecable organización, por parte de la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM) y la Federación Iberoamericana de Mantenimiento (FIM).

Cardona detalló que este encuentro ha sido uno de los más relevantes, debido a que tuvo una participación de más de 800 personas, además de una gran oferta en cuanto a productos y servicios en lo que fue la Expomantener 2015, sin dejar de lado la participación de la mayoría

de las asociaciones latinoamericanas y europeas como: CAM, AEM, ABRAMAN, ACMI, APMI, ASEINMA, EFNMS, UPADI-Copiman, AEMA, AMGA, IPEMAN, URUMAN, APROMAN, COPIMERA y REHABILITATIONWEB.COM.

Asimismo también estuvieron presentes grandes personalidades del mantenimiento mundial como: John Woodhouse, creador de la norma PAS 5500, Jim Fitch, presidente de Noria Corporation; Claude Pichot, presidente de la Asociación de mantenedores en Francia; Gerardo Trujillo, presidente de AMGA y Noria Latín América; Lourival Tavares, el maestro del mantenimiento en el sur del continente; Steve Turner, creador del proceso de Optimización del Mantenimiento Preventivo PMO2000; Suzy Hitchcock, consultora australiana; Armando Negrotti, Presidente de CAM; Santiago Sotuyo, presidente de URUMAN y Juan Pedro Maza, presidente de AEM, entre otros.

Sin lugar a duda un evento de gran envergadura, que tuvo como punto focal, luego de 20 años de engranaje y búsqueda de

*“Acostumbrémonos  
a Pensar en grande”  
Julián Cardona*

acercamientos, la firma del convenio de cooperación entre los dos grandes del mantenimiento: FIM y Copiman, el cual estableció como objetivo trabajar en conjunto para atender aspectos estratégicos y de planificación en base al futuro del sector.

Muchos tópicos de interés fueron debatidos en Cartagena 2015, pero el más relevante fue la norma ISO 55000 en su forma y fondo de calidad, fueron tres días intensos entre cursos cortos, más de 60 ponencias, exposición de trabajos, casos de éxitos y ruedas de negocios, es por ello que este congreso fue catalogado entre los partícipes como la "Gran fiesta de la gestión de activos".

## 10° Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento: Impulso de la NOM ISO 55000

Continuando con el recorrido de actividades que marcaron pauta en 2015, no podemos dejar de mencionar, el 10 Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento, organizado por la Asociación de Mexicana de profesionales en Gestión de Activos (AMGA), presidida por el presidente de Noria Latín América, Gerardo Trujillo, quién motivó la inclusión del uso de la norma NOM ISO 55000 en el desarrollo del sector productivo mexicano.

En México coincidieron que apenas empieza con la implementación de esta norma, que define cuáles son las mejores prácticas para gestionar el riesgo y para obtener el mejor retorno sobre la inversión.

Uno de los invitados a esta cita en la ciudad de León, el pasado mes de octubre, fue Luis Améndola, Director General de PMM University y PMM Business School y experto en Mantenimiento y Gestión de Activos, quién hizo hincapié en la implementación de la norma en las empresas mexicanas, ya que con ella se logra un ahorro de entre 15 y 20% tanto a nivel de operación y mantenimiento como a nivel de todos los procesos transversales de las empresas u organizaciones.

Por su parte, Gerardo Trujillo, Presidente de AMGA, resaltó que el evento sirvió como puente para impulsar dentro del sector privado y público, el uso de la norma NOM y precisó que esta estrategia es parte fundamental para el avance del sector, además de ser un requisito de competitividad dentro del mercado a nivel local y global.

## EL SUR TAMBIÉN ALZO SU VOZ

Brasil también fue protagonista este 2015, con la 30 edición del Congreso Brasileiro de Gestión de Activos, que se desarrolló dentro de un panorama económico no muy alentador para el país, pero a pesar de los contratiempos, esta actividad cumplió con las metas planteadas de sus organizadores.

Uno de los grandes precursores del mantenimiento mundial, Lourival Tavares, Director Ejecutivo de ABRAMAN, reconocido por sus años de experiencia y formador de nuevas generaciones de profesionales en la rama, calificó el congreso como un éxito, debido a la concurrencia de participantes, que alcanzó un aproximado de más 500 personas.

Además indicó que el evento reunió a grandes empresas de diversos sectores de Brasil, que le dieron un aire de optimismo a ABRAMAN, ya que quedó evidenciado el interés que han mostrado las organizaciones por impulsar el eficaz uso de sus activos.

Otro de los resultados que arrojó este congreso fue el inicio de acuerdos internacionales relacionados con la certificación de profesionales a nivel medio y superior en instituciones mundialmente reconocidas.

"Esta 30 edición del Congreso Brasileiro de Gestión de Activos, significó un reto más para ABRAMAN, pero objetivamente logramos superar las expectativas, lo que nos hace comprometernos más, para que en 2016 excedamos perspectivas ya creadas" agregó Tavares.

## URUMAN 2015: Capacitación continua, pilar de desarrollo

Una de las diferencias que dejó la 11ª Edición del Congreso Uruman 2015, con respecto a otros eventos de la misma índole, fue su enfoque hacia la necesaria formación en Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad tanto en empresas públicas y privadas, así como también aquellas organizaciones que administren activos físicos para desarrollar sus cometidos.

Es por ello que la mejor definición de este evento fue su concepto de "Capacitación continua como pilares del desarrollo"; grandes personalidades se dieron cita en Montevideo, donde además se rindió un homenaje especial al Profesor Lourival Augusto Tavares, por sus 20 años de aportes continuos al desarrollo de la capacitación en Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad en Uruguay.

La ocasión también fue propicia para establecer importantes acuerdos entre los que destacan: la firma del convenio de cooperación y reconocimiento mutuo entre URUMAN e International Council for Machinery Lubrication (ICML), por la contribución a las nuevas prácticas de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad, el cual establece que los logos de ambas organizaciones serán incluidos en los procesos de certificación que tendrán lugar a través de los procedimientos establecidos.

La firma fue presidida por el Presidente de Uruman, Ing. Santiago Sotuyo y la Directora Ejecutiva de ICML Suzy Hitchcocky.

También es significativo mencionar, que durante la 11ª edición de URUMAN 2015 se desarrolló la elección de las nuevas autoridades de la Asociación uruguaya de Mantenimiento, donde resultó reelecto el Ing. Santiago Sotuyo como Presidente de dicha organización.

## Cierre de altura

Para terminar el año con broche de oro, en los primeros días del mes de diciembre se desarrolló en Florida, específicamente en el Hyatt Regency Coconut Point Resort, en Bonita Spring, Florida, la 30ª edición del Congreso de Mantenimiento IMC 2015, Bajo la conducción de la Association Asset Management Professionals, AMP; y Reliability web.com, y contando con el apoyo de organizaciones como AMP, IAM USA, ARC, LNS, Society for Maintenance & Reliability, Professionals, UT- Reliability and Maintainability Center, entre otros.

Su sorprendente portafolio de cursos, foros y certificaciones internacionales, ofreció a los participantes 150 presentaciones, más de 10 eventos para networking y más de 80 exhibiciones.

Entre los temas abordados resaltaron los Análisis Predictivo, Elementos Uptime, Agua y Aguas Residuales, también hubo foros sobre Mantenimiento y Lubricación, Mantenimiento Basado en Condición, Capex y Opex, entre otros.

Asimismo se dictaron talleres de certificación entre los cuales destacaron Certificado Confiabilidad Líder (CRL) y certificación REM, ambos a cargo de la Asociación de Profesionales de la Gestión de Activos; certificación IAM Asset Management, a cargo del Instituto de Mantenimiento Certificado de Gestión de Activos y Confiabilidad Profesional (CMRP), Examen SMRP y certificación de Técnico en Lubricación.

Además se entregaron, los premios Uptime Award, que reconocen lo mejor del asset

management en el mundo, todo ello orquestado y organizado por Terrence O'Hanlon, CEO de Uptime Magazine y reliabilityweb.com.

Empresas de la talla de Allied Reliability Group, Accenture, Arms Reliability, Bentley, IBM, Emerson, Ludeca, Des-Case, Nexus Global, Lubrigard, Lubrication Engineers, Aladon, Esco, Copperleaf, Flare Labs, Akgrip, JMS Software, IVC, entre otras, estuvieron presentes en este congreso, que sin duda fue uno de los más grandes que se dieron durante el 2015.

## El 2016 no se quedará atrás

El nuevo año trae consigo grandes desafíos para las organizaciones y asociaciones ligadas al mundo del Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad, tanto a nivel de Latino América, Europa y Estados Unidos.

Todo este gran ramillete de entendidos en la materia del Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad, ponen de manifiesto cada más el interés de profesionales, empresas y organizaciones en hablar y debatir sobre esta rama de la ingeniería, que cada año se hace más frondosa debido a los avances en sus prácticas y a su adaptación a nuevos procesos.

Desde Predictiva21, ratificamos nuestro compromiso en llevar ante nuestro público todas las incidencias de cada uno de los eventos del sector, para continuar brindando la mejor cobertura noticiosa del mundo del Asset Management.

AUTOR:  
**Maite Aguirrezabala**



# 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.



# 5 Prácticas De Lubricación Para Mejorar El Desempeño De Sus Sistemas Hidráulicos

Robots, inyectoras, prensas, compuertas, enormes palas y grúas, camiones de minería, maquinaria de construcción, generación de energía, turbinas, telescopios y una infinidad de maquinaria depende de los principios de la hidráulica para efectuar eficientemente su trabajo.

La hidráulica ha demostrado ser muy efectiva tanto en el trabajo de precisión como en el de potencia; y basa su principio en la transmisión de la fuerza y el movimiento a través de un fluido. Algo muy simple, pero extremadamente efectivo. Una bomba toma el fluido desde un tanque de almacenamiento y lo comprime para que un conjunto de válvulas activadas manualmente o electrónicamente se encarguen de dirigir ese fluido a presión a los elementos de trabajo. Una vez que el trabajo se ha efectuado, el fluido retorna al tanque para un nuevo ciclo.

El fluido hidráulico (que puede ser un aceite mineral, sintético o vegetal) cumple con dos importantes funciones dentro del sistema: Lubricar y proteger los elementos del sistema hidráulico y transmitir la potencia. Ambas funciones pueden verse afectadas y la duración y la precisión del sistema puede perderse ocasionando pérdidas de producción millonarias y reparaciones costosas. Para obtener el mejor desempeño y duración de su

sistema hidráulico aplique las siguientes recomendaciones:

## 1 SELECCIONE EL FLUIDO HIDRÁULICO ÓPTIMO A SU APLICACIÓN

No todos los fluidos hidráulicos son iguales. Cada sistema hidráulico tiene su propio contexto operacional y en consecuencia, el fluido hidráulico debe estar congruente con él. La norma ISO 6743-4 establece diecinueve (19) diferentes tipos de fluidos hidráulicos y sus niveles de desempeño en función de su aplicación y requerimientos especiales, incluyendo fluidos sintéticos, resistentes al fuego y para aplicaciones en plantas de alimentos y ambientes de riesgo al medio ambiente. Seleccionar el fluido correcto es el primer paso para lograr un sistema hidráulico eficiente. Desafortunadamente, este es uno de los aspectos más ignorados y es práctica común suponer que todos son iguales y que al comprar el más barato se cumple con lo necesario.

## 2 NO MEZCLE FLUIDOS

Las formulaciones de fluidos hidráulicos son muy especiales y llevan aditivos desarrollados especialmente para cada marca de lubricantes. No son productos genéricos ni reemplazables. Mezclar aceites hidráulicos de diferentes tipos o marcas puede ocasionar la pérdida de las

propiedades de protección de la bomba (anti-desgaste) o desbalancear otras propiedades fundamentales del fluido hidráulico como su resistencia a la degradación por oxidación, su habilidad para separar aire y agua. En muchas ocasiones un litro de aceite de otro tipo o marca añadido es capaz de dañar miles de litros en un sistema provocando espumación y formación de lodo y sedimentos.

### 3 MANTÉNGALO LIMPIO, SECO Y FRESCO

La contaminación es el peor enemigo de un sistema hidráulico y del fluido hidráulico. Las partículas sólidas provenientes de la contaminación con polvo, partículas de desgaste y materiales de proceso y limpieza destruyen las bombas, bloquean las válvulas, rayan los cilindros y destruyen los motores hidráulicos. La película lubricante en un sistema hidráulico varía desde  $3\mu$  ( $\mu$ =micrones = 0.001 mm) en el espacio dinámico de las servo válvulas hasta  $10\mu$  en los cilindros. Las bombas de pistones son las más sensibles a las partículas

por las presiones a las que trabajan y su desgaste es mayor en la zona del plato y pistones. Las paletas, rotor y cuerpo de las bombas son destruidas por las partículas que son del mismo tamaño de la película lubricante en bombas y motores de paletas. Una buena estrategia de control de contaminación debe incluir en balance la

exclusión y remoción de partículas. Desde el almacenamiento, recepción y aplicación del lubricante se debe establecer una estrategia para evitar que el lubricante se contamine. Los sistemas hidráulicos deben contar con métodos de control de partículas de alta eficiencia en la respiración y en los cilindros y a la vez estar equipados con sistemas de remoción de partículas (filtración) acordes con la sensibilidad de los elementos del sistema

hidráulico. La norma ISO 4406:99 determina el nivel de contaminación sólida de un fluido en tres rangos. Identifique el Código ISO adecuado para su máquina y manténgalo para lograr una alta confiabilidad y durabilidad de su sistema hidráulico.

El agua es el segundo enemigo peligroso en el sistema hidráulico. El agua es corrosiva, modifica las propiedades del fluido (afecta su compresibilidad), agota los aditivos y destruye al básico lubricante, provocando lodos, lacas y barniz. El agua puede destruir las bombas y válvulas por cavitación vaporosa y acabar con el aditivo anti desgaste del aceite hasta convertirlo en ácido sulfúrico. Mantener el lubricante seco (por debajo del punto de saturación) en un sistema hidráulico es fundamental para lograr una alta confiabilidad y duración de sus componentes. Aplique una estrategia de excelencia en el manejo de los lubricantes desde la recepción, almacenamiento, aplicación y durante la operación para evitar que la humedad entre en el lubricante. Use filtros

respiradores desecantes y sistemas de secado de aceites para lograr mantenerlos en los niveles objetivo.

La alta temperatura de los fluidos es el tercer enemigo. La temperatura tiene un doble efecto en el fluido hidráulico: Disminuye su viscosidad y afecta entonces al desempeño del sistema

hidráulico y hace más sensibles a los componentes a la contaminación sólida. Además la temperatura es un catalizador de la oxidación del fluido. Un aceite que trabaja a  $40^{\circ}\text{C}$  continuamente puede tener una duración de hasta 10,000 horas, pero si este mismo fluido trabaja a  $50^{\circ}\text{C}$ ; su vida será únicamente de 5,000 horas. Por cada  $10^{\circ}\text{C}$  que incrementa su temperatura, su vida será reducida en un 50%.



### 4 ANALICE SU DESEMPEÑO

Monitorear la salud del fluido hidráulico, su contaminación y el desgaste de sus componentes nos puede dar alertas muy específicas de lo que ocurre y podremos tomar decisiones acertadas para lograr prevenir un problema mayor o programar una reparación con tiempo. El análisis de lubricante puede detectar problemas de barniz, lodos, contaminación con partículas, contaminación con agua, mezcla de lubricantes, lubricante incorrecto, alta temperatura de operación, lubricante degradado, agotamiento de aditivos, desgaste de componentes del sistema (bombas, cilindros, motores, válvulas, etc.). Además puede indicarle el momento adecuado de cambiar su fluido para optimizar la vida de su sistema.

Para que un programa de monitoreo de condición a través del análisis del fluido hidráulico dé los mayores beneficios, debe estar bien diseñado y ser ejecutado de manera



consistente. La selección e instalación de los puertos de toma de muestra fijos (primarios y secundarios), establecer la frecuencia de muestreo, seleccionar las pruebas, los límites y las recomendaciones para los resultados anormales debe ser diseñada por un experto y aplicada por personal que cuente con las competencias técnicas.

### 5 DISPÓNGALO ADECUADAMENTE

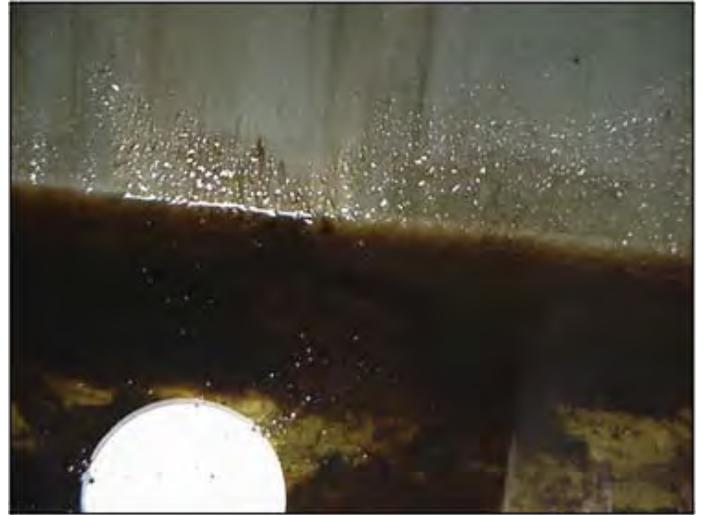
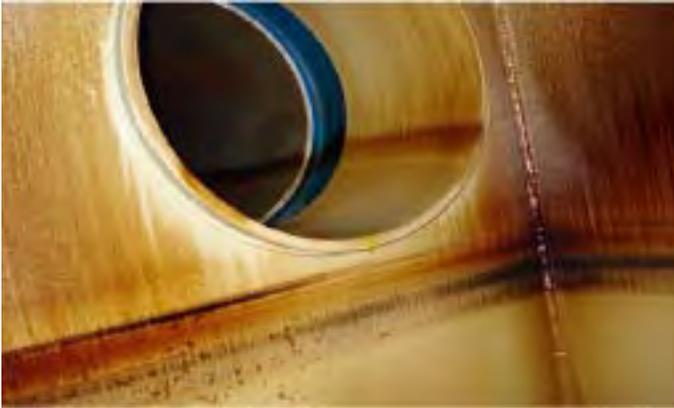
Antes de hacer el cambio del aceite, deténgase y observe. El primer litro de aceite que sale del depósito nos proporciona un resumen de lo que ha sido su vida en él. Si sale agua, lodo, residuos, partículas de desgaste o de contaminación; nos estará contando una historia triste, ya que eso habla de un sistema en malas condiciones, descuidado y con certeza, de un pobre desempeño. Si lo que sale es simplemente aceite y no hay residuos; eso indica que el sistema ha estado bien administrado.

El último litro también es importante, ya que podremos apreciar sedimentos y algunos otros productos arrastrados por el aceite. Haga analizar estos residuos para determinar su naturaleza y establecer una estrategia proactiva (dirigida a eliminar la causa de su generación). De la condición encontrada en esta inspección dependerá la necesidad de hacer un lavado del sistema y mejoras en la estrategia de control de contaminación.

El análisis visual del filtro de aceite hidráulico es el complemento de esta estrategia. Las partículas encontradas entre los pliegues del filtro nos contarán el resto de la historia. No por que los contaminantes o partículas se encuentren en el filtro significa que debemos ignorarlos. Son parte del desgaste de los componentes del sistema o

contaminantes que encontraron su camino dentro del mismo y esto debe ser investigado.

Envíe el aceite usado después de estas inspecciones al proceso que menor impacto tenga al ambiente (re-refinado, reutilizarlo o destrucción térmica).



*Seguir estas recomendaciones puede ampliar la vida del fluido hasta 6 veces, pero lo más importante está en la vida de la maquinaria. Hemos logrado ampliar la vida de los componentes de sistemas hidráulicos hasta más de 10 veces (10X) en múltiples aplicaciones de la industria. Es posible lograr una alta confiabilidad basada en la lubricación de excelencia.*

AUTOR:  
**Gerardo Trujillo C.**  
Noria Latín América



## ¿QUÉ TAL EMPRENDER UN NEGOCIO DE OUTSOURCING DE MANTENIMIENTO?

Quizás muchos de ustedes que son asiduos lectores de esta revista conocen el significado de la palabra OUTSOURCING, pero ¿han pensado en emprender un negocio de este tipo direccionándolo al mantenimiento? Posiblemente hay muchas personas que diariamente estén pensando en “qué hacer” en el largo camino de su vida; ya sea porque tenemos dinero y queremos emprender un negocio, porque estamos saliendo de la universidad y no sabemos qué hacer, o simplemente porque identificamos un gran nicho de oportunidad que nos gusta y que generaría recursos económicos. Primeramente, antes de adentrarnos en la lectura definamos sencillamente el concepto de OUTSOURCING. Es un término inglés OUT=FUERA, SOURCING=BASE muy utilizado en el idioma español. Su vocablo equivalente es subcontratación. Es el proceso económico empresarial en el que una sociedad mercantil traspasa o transfiere los recursos y responsabilidades referentes al cumplimiento de ciertas tareas a una sociedad externa. También significa transferir cierta parte del negocio a un especialista para dedicarnos al verdadero objetivo.

Si nos hacemos la siguiente pregunta: ¿qué hay a nuestro alrededor que no necesite Mantenimiento? Nos damos cuenta que todo requiere de mantenimiento, hasta nosotros

misimos. Entonces ¿porque no hacemos algo para sacarle provecho a esta situación? Allí es donde el OUTSOURCING nos puede servir de gran ayuda. El OUTSOURCING no debe ser (y no es lo mismo para mantenimiento), un contrato de limpieza u otro de aire acondicionado, “es construir una gestión de activos desde afuera”. Quizá muchas de las personas que prestan servicios de monitoreo de condición a través de equipos de análisis de vibración, termografía, ultrasonido, etc. lo hacen cuando se les llama. Un caso típico es: “¿me puedes venir a revisar la bomba? Es que estoy sintiendo un ruido...”. Pues no, no es posible, porque ya el equipo tiene problemas. El monitoreo de condición debe ser parte de una intervención preventiva. ¿Y qué tal si lo hacemos, periódicamente, con una frecuencia establecida a través de un contrato de OUTSOURCING?

Ahora bien, el OUTSOURCING todavía puede ir más allá. Qué tal si por ejemplo, concebir toda la gestión del mantenimiento a una franquicia. Esto es: construir el sistema a mantener, determinar sus rutinas de mantenimiento, ejecutarlas periódicamente, monitorear sus instalaciones eléctricas y equipos a través de intervenciones predictivas, pero todo con disciplina, orden y organización. Qué tal si contratáramos un servicio de OUTSOURCING para un condominio. De igual manera, posiblemente hacemos una visita mensual y

realizamos inspecciones para saber cómo andan sus activos, realizamos las rutinas de mantenimiento que se tengan definidas. ¿Qué les parece? Allí hay un buen negocio, y además de las inspecciones también se pueden realizar los trabajos correctivos. Estos los hace el cliente o lo hacemos nosotros. Pues le digo que todo esto funciona. Actualmente me encargo de asesorar a una empresa en Colombia que emprendió un negocio de este tipo y ha obtenido excelentes resultados después de un poco más de dos años.

Todos sabemos que emprender un negocio no es una tarea fácil. El Costo Psicológico, título de uno de los artículos que he publicado en esta revista, trata muy bien el tema, pues lo tenemos como una sombra.



Si observamos la figura anterior, vemos que siempre la incertidumbre, el miedo, la inseguridad o el desconocimiento forman parte del resultado del costo psicológico, y posiblemente ocupen un mayor porcentaje sobre las ganancias y el interés que tengamos para emprender un negocio de OUTSOURCING en mantenimiento, pero ésta es la barrera que debemos derrumbar.



Recuerde que el éxito se construye progresivamente y mientras más cuidadoso se haga más sólido será. Qué quiero decir con esta afirmación, que así como el OUTSOURCING en

mantenimiento puede llegar a ser un negocio exitoso, también podemos cambiarle su imagen. Hace poco tiempo me tocó auditar un OUTSOURCING en una Clínica y este trabajo surgió debido a los altos costos de los materiales y repuestos como producto de la inflación. Cuando llegué al momento de revisar en profundidad, noté que las rutinas de mantenimiento eran muy tímidas e incompletas, y otras brillaban por su ausencia, no había un registro de intervenciones contundente que permitiera saber que estaba pasando, mucho menos un sistema de indicadores. Obviamente, dentro del contrato había una cláusula en la cual la empresa del servicio del OUTSOURCING colocaba los materiales y repuestos cuando estaban en presencia de alguna falla y posteriormente los facturaba. Indudablemente el mal desempeño en la mala política del OUTSOURCING estaba ocasionando una excesiva generación de fallas y en consecuencia, altas intervenciones y costos excesivos.

Qué quiero significar con esto, que cuando vayamos a emprender un servicio de OUTSOURCING lo hagamos con mucho profesionalismo, honestidad y convicción. De lo contrario, sin ningún temor a equivocarme, están frente a un fracaso inminente. Para concluir quisiera hacerlo con mi máxima **"PARA CRECER PROFESIONALMENTE HAY QUE CORRER RIESGOS"**. Le preguntó después de leer este artículo ¿Está dispuesto a emprender un negocio de OUTSOURCING en la rama del mantenimiento?

AUTOR:  
**Brau Clemenza**

# COMUNICACIÓN Y CONFIABILIDAD HUMANA

El estudio de la interacción entre las personas y la tecnología es quizás uno de los retos científicos más complejos de nuestro tiempo. A medida que se cuenta con herramientas y medios más poderosos, se hace indispensable y urgente los esfuerzos por entender en qué circunstancias y por qué se puede dar el error en nuestros actos, el temido fallo humano, con el objeto de prevenirlo.

El análisis del error humano, de la fiabilidad del acto humano, es un buen tema en el que conviene tener presente que el ser humano actúa siempre bajo la acción de un gran número de variables, personales, organizacionales, situacionales, ambientales y no podemos dejar olvidada la comunicación.



La comunicación como medio indispensable de relación interpersonal entre los seres humanos tiene suma importancia en la confiabilidad de los actos de los seres humanos. Ahora bien esta

comunicación debe cumplir con características de eficacia y asertividad para obtener una comunicación efectiva y de esta manera poder disminuir las probabilidades de errores humanos por inadecuada comunicación entre los interlocutores al momento de transmitir alguna información o informar algún evento durante la ejecución de sus labores.

Lo que pensamos, las conversaciones que sostenemos con nosotros mismos es muy importante, pero no basta con tener una buena comunicación intrapersonal. Para que el conocimiento y los que nosotros pensamos se transmita de una persona a otra y de generación en generación debe existir, además, la comunicación interpersonal.



La comunicación es la más básica y vital de todas las necesidades después de la supervivencia física. Incluso para alimentarse, desde tiempos prehistóricos los hombres necesitaron entenderse y cooperar los unos a los otros mediante la comunicación interpersonal.

La capacidad para lograr un efecto es lo que conocemos como eficacia por lo que al momento de hablar de comunicación eficaz es la capacidad de lograr establecer una comunicación exitosa y esto está asociado a la capacidad que tengamos de influir sobre las demás personas, para lo que es necesario tener presente los componentes de la capacidad para lograrlo: la palabra, el tono de voz y el lenguaje corporal.

Para lograr una comunicación eficaz durante nuestro discurso debemos tener presente estos componentes en porcentajes adecuados, haciendo énfasis en cada uno de ellos de la siguiente forma en la palabra 7%, tono de voz 38% y el lenguaje corporal 55%, de esta manera estaremos aplicando nuestra inteligencia interpersonal y podremos incrementar la posibilidad de establecer una comunicación eficaz.

Existen cuatro factores importantes que también ayudan a lograr una comunicación adecuada. La autoridad ayuda crear un contexto favorable. Si se demuestra profesionalidad, conocimiento sobre el tema, unos buenos antecedentes, experiencia y credibilidad, logrará crear un aura de autoridad a su alrededor que le dará poder en cualquier petición que haga. La confianza, la cual debe ser recíproca, está formada por la historia anterior, la sinceridad y la competencia se encuentran muy cerca del territorio de la autoridad.

El consenso es otro factor que influye en la creación de contexto favorable para el éxito de la acción de comunicación. Además también el compromiso es otro factor que influye en la creación del contexto comunicacional.

Es importante establecer la existencia de diversos tipos de comunicación entre los que encontramos la comunicación pasiva, la comunicación agresiva y la comunicación asertiva la cual es la comunicación que debemos poner empeño en utilizar para lograr los objetivos deseados en cualquier momento

de nuestra comunicación interpersonal, así, como debemos mantener una actitud acorde con el punto a tratar teniendo en cuenta que existe una relación bidireccional entre nuestro pensamiento, estado mental y comportamiento, por lo que de acuerdo a nuestra actitud podremos influir positiva o negativamente en nuestro receptor comunicacional.

Cuando establecemos una comunicación tenemos como propósito que ésta sea efectiva y resolver cualquier conflicto presente en el ambiente. La resolución de conflictos tiene niveles de resolución, la persona y el problema, para lo cual debemos tener presente que con la persona debemos ser suaves: usa la cortesía, respeta su punto de vista, recuerda que a todos nos gusta el buen trato y que lo cortés, no quita lo valiente. En cambio con el problema debemos ser duros: Indaga lo más posible en el origen del problema, busca las necesidades insatisfechas del problema, busca opciones creativas para resolverlos, prepárate para afrontarlo a tiempo.

La comunicación presenta aspectos importantes en su estructura como son el contenido, un componente relacional y el significado de lo expresado lo pone el receptor. La comunicación efectiva lo podemos desarrollar manteniendo una Escucha Activa que no es más que estar atento a las expresiones del interlocutor y participar activamente demostrando un verdadero interés sobre el punto que se esté tratando, lo cual se logra:

- Prestando toda su atención al interlocutor
- Controlando su reacción ante situaciones cargadas de emociones
- Mostrando coherencia en todos los canales de comunicación
- Teniendo genuina curiosidad por comprender al otro
- Demostrando al otro que lo está escuchando

Para lograr una verdadera escucha activa podemos poner en práctica:

- Las preguntas
- El Parafraseo
- La Reformulación
- La Legitimación

También es importante mantener una Expresión Asertiva, que no es más que expresarnos de forma clara y precisa cuando interactuamos en nuestras comunicaciones interpersonales. La Expresión Asertiva lo podemos lograr utilizando Mensajes Asertivos los cuales tienen las siguientes características:

- Expresión en primera persona de los intereses y necesidades propias
- Indicar concretamente en lo que no se está de acuerdo
- Indicar el cambio de actitud deseado o la opción propuesta.

También podemos utilizar el No Positivo (SI-NO-SI) técnica que posee las siguientes características:

- a.- Reconocimiento de las necesidades intereses de la otra persona (SI)
- b.- Reconocimiento de mis propias necesidades e intereses que te impiden aceptar (NO)
- c.- Creación de opciones para ofrecer otras soluciones al caso (SI)

*"Un NO pronunciado con la más profunda convicción es mejor y más grande que un SI pronunciado con el propósito de complacer, o lo que es peor, de evitar un problema."*

*Mahatma Gandhi*

Así mismo para lograr una comunicación efectiva debemos respetar las necesidades fundamentales de los actantes en la comunicación interpersonal. Debe existir Reconocimiento de ambas partes como interlocutores, respetando la autonomía, el

status y el rol que desempeña cada quien, así como tener sentido de pertenencia.

Otro punto importante en mantener adecuadamente controlado en un proceso comunicacional son las emociones las cuales tienen control desde el punto de vista biológico y fisiológico directamente en el Sistema Límbico, donde radican nuestras emociones, memoria, comportamiento e iniciativa, dependiendo del equilibrio existente de los neurotransmisores (Noradrenalina, Dopamina, Serotonina) que se producen en los diferentes núcleos que conforma el sistema límbico.



Además podemos utilizar la inteligencia emocional que podamos desarrollar para el control adecuado de nuestras emociones y dirigir las en el sentido adecuado para manejar situaciones de conflicto, pudiendo lograrlo a través de técnicas de Psiconeurolingüística (PNL).

Es importante lograr establecer una comunicación eficaz, asertiva y efectiva para disminuir las probabilidades de errores humanos debido a que existirá una adecuada interpretación de las indicaciones u órdenes que se impartan desde el nivel más alto de la cadena de mando hasta el eslabón ejecutor directo de la acción. De allí la importancia de la preparación adecuada desde el punto de vista comunicacional del capital humano de cualquier empresa a través de talleres de capacitación que permitan mejorar el rendimiento comunicacional del personal.

AUTOR:

**Dr. Bárbaro Giraldo C.**  
**MSc. Zuleima Vígüez B.**

# Remembranzas de Mantenimiento

En muchas ocasiones, he tenido la oportunidad de leer este pensamiento o Máxima del Mantenimiento, según la última definición dada por un viejo amigo con más de 20 años en el área de mantenimiento industrial. Inscrita está en revistas técnicas, manuales, trabajos de grado, papers, publicaciones en la web, entre otras. (Ver Figura N° 1)

Se trata de una composición de oraciones que relata por sí sola, las consecuencias o beneficios del mantenimiento, si este es llevado o no dentro de una empresa cualquiera sea su desempeño. Las siguientes imágenes, muestran el contenido de tales oraciones.

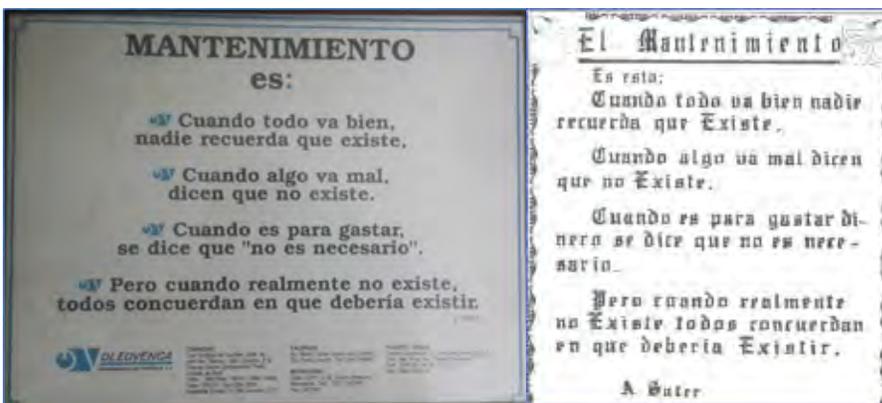


Figura N° 1  
Máxima del Mantenimiento.

La primera, es una imagen tomada a la montura, la cual se encuentra ubicada a la espalda del

Director de Mantenimiento, de una gran empresa venezolana. La segunda fue tomada de un Manual de Mantenimiento para uno de los Componentes de la F.A.N.B, colgado en internet. Pese a lo trascendental de la frase, de su autor, A. Sutter, no sabemos mucho. En su trabajo "Principios del Proceso de Mantenimiento", Manuel Márquez y Armando Coello (2009), mencionan a A. SUTER, de Servicios Industriales de Westinghouse de Venezuela, pero no se conocen mayores datos del autor, mucho menos la fecha de elaboración de este escrito, materia obligada para todo mantenedor. De acuerdo con la entrevista realizada al dueño de la montura arriba

mostrada, la misma data del año 1985, tomada de unos libros ubicados en las instalaciones del Metro de Caracas.

La segunda imagen, tomada del Manual de Mantenimiento

para uno de los Componentes de la F.A.N.B. tiene una historia similar a la primera. El autor del mencionado Manual, desconoce al igual que el investigador el origen del mensaje, dice

haberlo visto por muchos años en textos, revistas, manuales.

## ¿Qué hay detrás del Mantenimiento?

Según muestra la Tabla N° 1, la Función Mantenimiento ha evolucionado con el paso del tiempo para bien de la organización. Ha manifestado cambios debido al aumento de la mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas y nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo. El Mantenimiento ha reaccionado ante las nuevas expectativas: mayor importancia a los aspectos de Seguridad y Medio Ambiente, conocimiento de la conexión entre este y la calidad del producto. Asimismo, tales cambios han colocado a prueba las aptitudes y conocimientos de todo el personal involucrado en el sistema de mantenimiento.

¿Qué es Mantenimiento?	
Antes	Después
Preservar el Activo Físico	Preservar la "Función" de los Activos.
El Mantenimiento Rutinario: Prevenir fallos.	El Mantenimiento Rutinario: Evitar, reducir o eliminar las consecuencias de los fallos.
La función Mantenimiento: Optimizar la Disponibilidad al mínimo costo.	El mantenimiento afecta: riesgo, seguridad, integridad ambiental, eficiencia energética, calidad del producto y servicio al cliente. No solo la Disponibilidad y los costos.

Tabla N° 1. Antes y después del Mantenimiento.  
Fuente: Luis Améndola

Lo más importante durante el aprendizaje de cualquier disciplina es comprender los conceptos básicos de esta. En este sentido, el Mantenimiento no es una ciencia regida por definiciones estrictas de uso universal, ni mucho menos por formulaciones matemáticas. La

literatura acerca del tema muestra gran variedad de acepciones con características particulares de cada autor.

Muchas palabras definen o conceptualizan este término, entre ellas cabe mencionar las siguientes:

- Control Constante
- Acciones Orientadas, dirigidas, necesarias
- Actividades Técnicas
- Responsabilidad
- Técnicas utilizadas
- Servicio

Sin temor a equivocarme, la más acertada de las anteriores, corresponde a la Responsabilidad, pues es el valor que permite crear un vínculo emocional entre las personas y los objetivos del mantenimiento, sea visto este como un sistema, una unidad o como una organización. En ese sentido, no existe ni existirá:

- Estrategia.
  - Metodología.
  - Paradigma.
  - Filosofía.
  - Doctrina.
  - Tipología.
- de Mantenimiento sin la Responsabilidad inherente de cada uno de los miembros de la Organización que pueda surtir efectos positivos en la misma. A tales efectos el Dr. Luis Améndola, indica en sus charlas que no habrá RCM, TPM u otra filosofía implementada en Mantenimiento que dé resultados positivos, si no se involucran o relacionan entre sí todos los responsables del sistema.

La Norma Venezolana Covenin N° 3049-93, vigente para la fecha, define Mantenimiento de la manera siguiente: "Conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un Sistema Productivo (Dispositivos, Equipos, Instalaciones y/o Edificaciones) a un estado específico para que pueda cumplir un servicio determinado".

Anzola (1992), lo describe como "Aquel que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas".

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de PDVSA (1995), lo define como: "El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorable y de acuerdo a las normas de protección integral."

Para Moubray (1997), el mantenimiento significaba "Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas".

José Molina (2004), se refiere a este como: "La responsabilidad de mantener en buenas condiciones la maquinaria y herramientas del equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte en el área laboral".

Más allá de nuestras fronteras, Benjamín Blanchard (1986), define al mantenimiento en líneas generales como: "Todas las acciones necesarias para mantener un sistema o producto o restaurarlo a condiciones de servicio".

La Asociación Española de Mantenimiento 1990, lo define como: "Conjunto de actividades técnicas de aplicación directa, estructurales y de control económico que satisfacen diversas condiciones, entre ellas, conseguir que el Ciclo Vital, la Vida Útil de las instalaciones, máquinas y edificios sea lo más prolongado posible, lo que permite, que el valor de las inversiones permanezca activo durante el tiempo de amortización e incluso después. De igual forma, lo ha clasificado universalmente en tres tipos: Preventivo, Correctivo y Predictivo.

Así mismo, La Norma Venezolana Covenin N° 3049-93, establece seis (06) tipos de Mantenimiento. A saber:

- **Mantenimiento Rutinario:** Comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su

frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los sistemas Productivos y su objetivo es mantener, alargar la Vida Útil y evitar su desgaste.

- **Mantenimiento Programado:** Sigue las instrucciones técnicas recomendadas por fabricantes, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones a objeto de determinar la carga de trabajo que será necesaria programar. Su frecuencia de ejecución podrá ser quincenalmente hasta periodos anuales.

- **Mantenimiento por Avería o Reparación:** Atención a un Sistema Productivo cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada.

- **Mantenimiento Correctivo:** Comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo: modificación de elementos de máquinas y alternativas de procesos, cambio de especificaciones, ampliaciones, revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación. Puede ser ejecutado por el personal de la organización o por entes foráneos, dependiendo de la magnitud, costos, especialización u otros. Su intervención tiene que ser Planificada y Programada en el tiempo para que su ataque evite paradas injustificadas.

- **Mantenimiento Circunstancial:** Definido como una mezcla de mantenimiento rutinario y programado, avería y correctivo, ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna. Se ejecutan acciones programadas en un calendario anual, se atienden averías cuando el sistema se detiene.

• **Mantenimiento Preventivo:** Es aquel que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos para determinar las frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, entre otras, a fin de adelantarse a la aparición o predecir la presencia de las fallas.

Especial atención merecen las palabras: Ciclo Vital y Vida Útil aparecidas en la definición de Mantenimiento de la Norma Venezolana Covenin N° 3049-93 y en la Asociación Española de Mantenimiento 1990. En ese sentido, surge la Filosofía de Gestión de Activos a finales de los años 90, la cual se enfoca en la toma de decisiones a través de todo el Ciclo de Vida del Activo Físico, desde su creación o adquisición, utilización, mantenimiento y renovación o disposición final, a diferencia del mantenimiento tradicional, cuyo objeto estaba dirigido únicamente al estudio del equipo durante su vida operacional.

Carlos G. Pallotti. Vicepresident-Latin America Operations (2002). Predice para la fecha la Evolución de Gerencia de Mantenimiento a la Gerencia del Ciclo de Vida de los Activos. En tal sentido, se basa en la siguiente definición acordada por líderes del entorno como sustento de lo anterior. "Gerenciar activos a través de su entero ciclo de vida, es un desafío mayor y una tarea esencial para optimizar el Retorno sobre los Activos (ROA)". Ver Figura N° 2.



Figura N° 2. Gestión del Ciclo de Vida de los Activos

**1.- Compras:** Las decisiones en las compras, tienen profundo impacto en el potencial de crecimiento y rentabilidad de la empresa.

**2.- Seguimiento:** Identificar las tendencias, por el seguimiento de los activos, permiten a las empresas aumentar la eficiencia operacional y proporcionar las herramientas para reducir costos.

**3. Gestión:** Se pierde parte del rédito cuando no se logra el nivel más alto posible del uso productivo de un activo.

**4.- Venta:** Información exacta y confiable de un activo, tiene un impacto significativo en el valor recibido por ese activo en su reventa. "Vender, no desechar. Retornar dinero a la operación".

Améndola L, Depool T, Contraras R, (XIII CONGRESO DE CONFIABILIDAD), establecen que la Gestión de Activos vista como un Sistema, puede representarse en forma de bucle cerrado que se retroalimenta por cada estación presente en ciclo. Cada estación representa un pilar fundamental del Sistema de Gestión. El proceso de retroalimentación, significa que la organización tendrá que establecer periódicamente procedimientos para monitorear, medir y corregir el desempeño en la gestión de activos, y en base a esto, replantear estrategias de implementación y operación para alcanzar de manera óptima sus objetivos. (Ver Figura N° 3)



Figura N° 3  
Pilares Fundamentales en la Gestión de Activos

Según sea la Gestión en estudio:

- Gestión del Mantenimiento, vista esta como una organización, un Sistema o una Unidad.
- Gestión de Activos Físicos.
- Gestión de procesos.
- Gestión de Procesos.
- Gestión del Talento Humano.
- Gestión de Negocios, entre otros.

Se necesita de la persona que esté al frente de la misma, al menos las siguientes Cualidades:

- Actitud y Aptitud: Capacidad y Condiciones.
- Autoridad: Legitimidad.
- Liderazgo: Dominio de grupo.
- Sentido Común: Lógica.
- Conocimiento: Experiencia (Meritocracia)

Acompañado entre otras cosas de:

- Herramientas: Tecnología.
- Talento Humano capacitado.
- Recursos Económicos.
- Confort.

Si no hay Sinergia en entre los puntos anteriores, es poco probable que la Gestión llegue a feliz término. Cada gestión tendrá sus características particulares de ser llevada. No existen patrones de filosofías indicadas para tales casos. Según la Visión de cada empresa, del talento humano, de sus capacidades, se implantará en la medida de las posibilidades, la filosofía más indicada, a fin de lograr el crecimiento de la empresa y sobre todo: asegurar que los activos cumplan las funciones requeridas con un costo óptimo durante todo su ciclo de vida, sin comprometer la salud, seguridad, desempeño ambiental o la reputación de la organización.

A fin de lograr lo escrito anteriormente, surgen para tales fines en 1.990, desarrolladas por el Instituto de Excelencia de Mantenimiento de los Estados Unidos, las 10 Mejores Prácticas del Mantenimiento, producto del estudio más exitosas, identificando en cada una de ellas las mejores prácticas comunes del mantenimiento

industrial:

1. Trabajo en Equipo.
2. Contratistas Orientados en la Productividad.
3. Integración de Proveedores de Materiales y Servicios.
4. Apoyo y Visión de la Dirección.
5. Planificación y Programación Proactiva.
6. Mejora Continua.
7. Gestión Disciplinada de los Stocks
8. Integración de los Sistemas.
9. Gestión de las Paradas de Plantas.
10. Producción Basada en Confiabilidad.

Es así, como en el año 2004, dando respuesta a la necesidad del sector industrial de contar con un estándar para la aplicación de la Gestión de Activos, se crea en Inglaterra la propuesta de norma PAS 55, una especificación pública dirigida a optimizar la gestión de activos físicos e infraestructura, contentiva de 28 elementos ordenados según el formato de Ciclo de Deming, en honor a su creador Edwards Deming, conocido como Espiral de Mejora Continua o Círculo PDCA (del inglés, Plan - do - check - act): planificar - hacer - verificar - actuar. Puede ser utilizada además para diversos fines: auto-evaluaciones, benchmarking, mejoras en la planificación, auditorías independientes, certificación, selección de contratistas, demostración de competencia, entre otras.

Convertida hasta la fecha en referencia internacional en el área. Los esfuerzos para concebirla inician en 1995, dada la voluntad de un comité de gerentes, miembros del Instituto de Gestión de Activos, representantes de la industria, gobierno y organismos regulatorios ingleses, se reúnen por primera vez para definir la dirección que tomaría esta norma. Su escritura, revisión y publicación ocurrió por en Abril del 2004, realizada a través del British Standards Institute (B.S.I.). Se trata de un modelo dinámico, secuencial y en bucle cerrado que intenta caracterizar de forma precisa el curso de acciones a llevar a cabo para asegurar la eficiencia, eficacia y mejora continua del mismo. (Ver Figura N° 3)

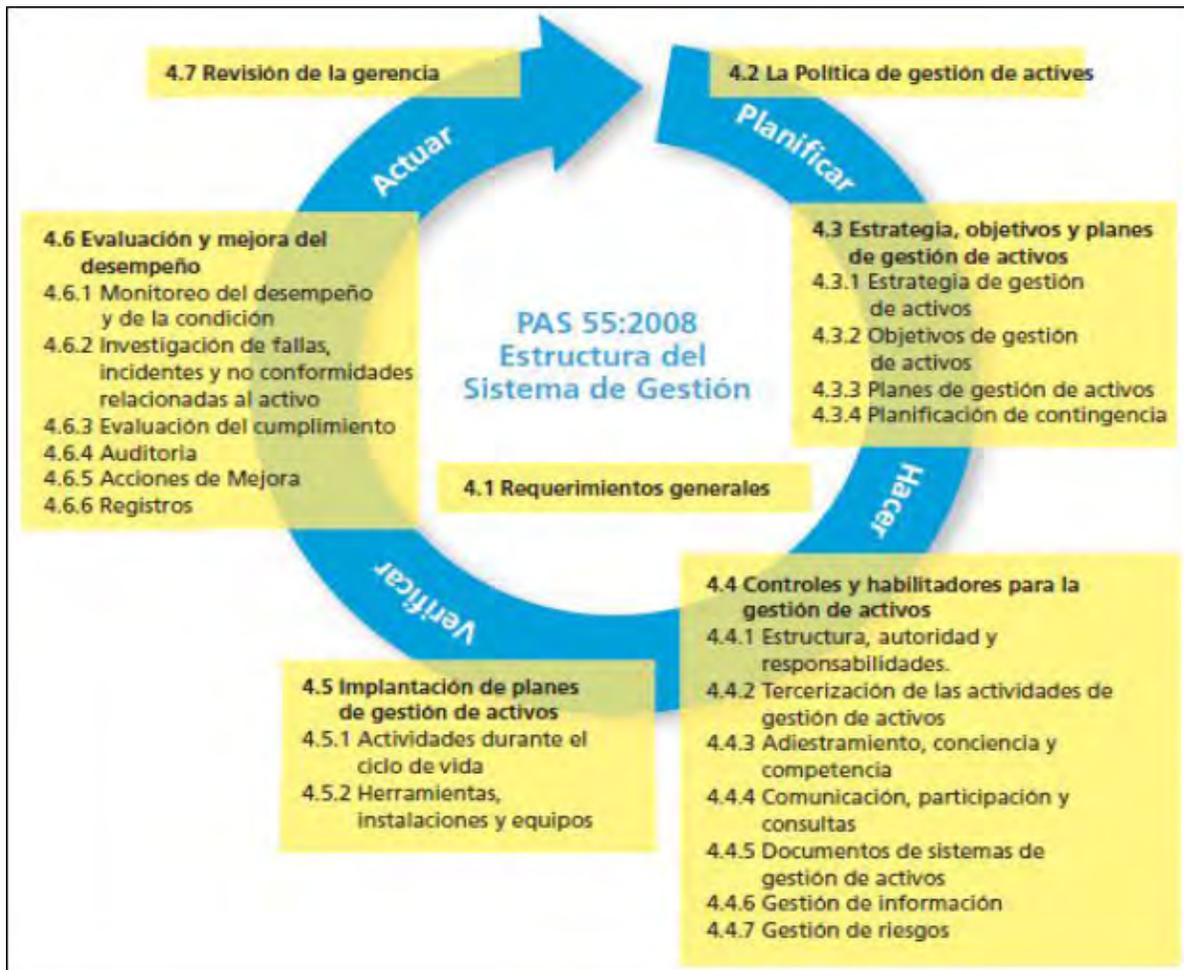


Figura N° 3. Elementos del sistema de Gestión de Activos según PAS 55-1:2008

PAS 55 define la Gestión de Activos como “las actividades y prácticas sistemáticas y controladas a través de las cuales una organización gestiona óptimamente sus activos, su desempeño asociado, sus riesgos y gastos a través de su ciclo de vida, con el objetivo de cumplir con el plan estratégico de la organización”.

En atención al contenido de la norma pública y libre PAS 55, el objetivo de la Gestión de Activos es asegurar que los activos cumplan las funciones requeridas y ser capaz de demostrar el nivel de desempeño en términos de servicio o producción, de forma sustentable, con un costo óptimo durante todo su ciclo de vida, sin comprometer la salud, seguridad, desempeño

ambiental o la reputación de la organización. El Instituto de Gestión de Activos (I.A.M. Institute of Asset Management), define la Gestión de Activos como “el arte y la ciencia de tomar las decisiones correctas y optimizar los procesos de selección, mantenimiento, inspección y renovación de los activos”. 2010, a fin de minimizar el costo de vida total de los activos, además de tener cuidado especial con otros factores críticos como el riesgo o la continuidad del negocio, los cuales deberán ser considerados objetivamente para la toma de decisiones.

El esfuerzo de las organizaciones para mejorar el rendimiento de sus activos no termina con el desarrollo de los sistemas de gestión del

mantenimiento, sino que, durante la vida útil de los activos, es necesario implementar actividades de prevención y corrección de fallos, en el diseño, construcción, explotación y reemplazo de los mismos. Es decir, para lograr los objetivos de Disponibilidad y Confiabilidad de los activos, no basta con realizar las actividades tradicionales del mantenimiento, sino que toda la vida útil del equipo debe gestionarse para optimizar su desempeño.

En atención a los términos Disponibilidad y confiabilidad mencionadas en el párrafo anterior, Luis F. Sexto (2005), realiza el siguiente análisis. "La disponibilidad es la probabilidad de que un activo realice la función asignada

cuando se requiere de ella. Esta depende de cuan frecuente se producen los fallos (Confiabilidad) y de cuánto tiempo se requiere para corregir los mismos (Mantenibilidad), en este sentido, define la misma, como la probabilidad de que un activo o grupo de ellos en fallo, sea restaurado a su estado operativo en un tiempo determinado en concordancia con los procedimientos de acción correctiva establecidos por la empresa. La figura N° 3 muestra el comportamiento de Disponibilidad según los resultados de la Confiabilidad y la Mantenibilidad. El autor deduce de la misma, la importancia de invertir en mejorar ambos parámetros del Mantenimiento.



Figura N° 4. Disponibilidad como resultado de la Confiabilidad y Mantenibilidad

AUTOR:

**INGENIERO CIVIL JUAN BAUTISTA RENGIFO**

Email: jbrengifo@gmail.com



# POLICY AND PROCEDURES

## PLANT HEXCELLENCE™ - POLICY AND PROCEDURES

This article is the 4th in a series of articles. The series documents the continuing journey and quest for a guide to Manufacturing Excellence. The frame we are using to guide or lead us through this journey is the proprietary model called Plant Hexcellence™. As we were discussing in the last issue, the Processes Cell is used to visually map out the flow through a procedure or methodology. We also discussed the interconnection between the Processes cell and the Policy and Procedures cell.

Turning to the the P&P cell, lets first discuss what is a policy, then about procedures and processes and their connectivity in support of the policy.

Certain processes are important enough that the strict adherence to the process is required. Traditionally, policies are created and set in place to deal with regulatory compliance, but they can easily be expanded to encompass any process that is deemed critical or and has multiple variables that need to be managed.



### DEFINITION

A Policy is a written and published set of rules, principles or guidelines to create governance. Policies are designed to create a documented standardized behavior or action in specific circumstances. Policies are then supported by Procedures.

Procedures are the specific methods employed to express policies into action in day-to-day operations of the organization. Together, policies and procedures ensure that a point of view/ guideline held by the governing body of an organization is translated into documented steps that result in an outcome compatible with that view.

Lets discuss a real world example that is very relevant and I have seen usually to be absent or lacking within organizations. It will reinforce the connectivity of the Policy-Procedure-Process chain.

### ROOT CAUSE FAILURE ANALYSIS (RCA/RCFA)

I have seen in most companies or organization that there is some form of RCFA executed. It is usually around safety / environmental incident investigations, but can be very spotty outside of those disciplines. In addition, more often than not, Safety and Environmental entities are acting independently with little or no shared method or tools for conducting the investigation. RCFA can be a very powerful method and tool for identifying and the elimination of failure while understanding the real causal factors around the incident. The issue is that it is done very haphazardly and adhoc in timing and methodology. This is especially true in organizations that have multiple sites and have grown through acquisition versus organic growth.

In earlier articles, we discussed the balance required in a business to be healthy. There must occur a balance in Safety, Environmental and Profit. A single RCA/RCFA policy should be written that encompasses all of these elements.

- The policy should declare that an RCA/RCFA shall be executed in specific circumstances. (Note: Shall is a word with legal obligation, non optional in execution)
- Trigger points should be defined
  - A Safety incident or near miss
  - An Environmental incident or near miss
  - Loss of Profit incident
    - a) Loss of revenue greater than X dollars as result of the failure (be sure to include potential fines or contract loss as part of the potential total value)
    - b) Production down time greater than X as result of the failure (use of this metric is when the cost of down time is unknown or is in a process with accumulation of WIP (Work in Progress) and therefore there is minimal or no loss in end product revenue)
    - c) Cost of repair greater than X dollars as result of the failure (this must include all manpower and rework)
- There should be two levels for each trigger point so that a less stringent method of RCFA can be used without effecting operations greatly i.e. 5-Why
- Once the trigger has been activated, then a cross functional team “must” meet within a specific time frame of the incident (ideally 24 hours or less)
- The RCFA team will have a standard listing of roles that must be in attendance
  - Individual names will be listed as to who is qualified to fill that role in that circumstance in writing
- The method of RCFA is listed in the policy

- All personnel that are listed will have had training in the methodology
- A time frame is designated for initial results
- A time frame is designated for final results
- A set procedure and process should be declared on how to document and implement change as result of the findings.

A documented workflow process map should be made to create a visual representation of the method of 1. When to execute an RCFA? 2. Method and flow to actually execute the RCFA? 3. Methods to implement actions as result of the RCFA.

Now the organization has a policy and standard method for understanding:

- What is an RCFA?
- Why to execute?
- When to execute?
- Who will execute?
- How to execute?
- Result expectations from the execution

Looking at the example above, It becomes very evident about the inter-connectivity between the Policy-Procedure-Processes chain and how that connectivity can help an organization achieve it’s goals.

Stay tuned for the next article in the series where we will discuss the Performance (measurement) of a organization.

**AUTOR:**

**Scott Kelley, CMRP  
Managing Director  
c: 713.962.1978**

**ScottKelley@GeoMetricReliability.com**



# POLÍTICAS Y PROCEDIMIENTOS

### PLANT HEXCELLENCE™ - POLÍTICAS Y PROCEDIMIENTOS

Este es el cuarto de una serie de artículos. La misma documenta la trayectoria continua en búsqueda de una guía para la Excelencia en la Manufactura. El marco que estamos usando para referencia en esta trayectoria es el modelo denominado Plant Hexcellence™. Como lo hemos discutido en la anterior entrega, la Celda de Procesos (Processes Cell) es utilizada para visualizar el flujo en un procedimiento o metodología. También discutimos la interconexión entre la Celda de Procesos y la Celda de Políticas y Procedimientos (Policy and Procedures cell).

Al enfocarnos en la celda P&P, vamos a discutir en primer lugar lo que es una política, luego hablaremos sobre procedimientos y procesos y su conectividad en apoyo a la política.

Ciertos procesos son lo suficientemente importantes para requerir la adherencia estricta al proceso.

Tradicionalmente, las políticas se crean y establecen para ajustarse a las regulaciones, pero pueden ser expandidas fácilmente para acompañar cualquier proceso considerado crítico o que tenga muchas variables que necesitan ser controladas.



**DEFINICION:** Una Política es un juego de reglas, principios y orientaciones escritas y publicada para crear gobernabilidad. Las políticas son diseñadas para crear una conducta o acción estandarizada documentada en circunstancias específicas. Las políticas son apoyadas por los procedimientos.

Los Procedimientos son los métodos específicos empleados para expresar políticas convertidas en acción operacional día a día en una organización. Juntas, las políticas y procedimientos aseguran que un punto de vista/orientación proveniente de un cuerpo gobernante se traduzca en pasos documentados que se identifiquen con un resultado compatible con ese punto de vista.

Vamos a discutir un ejemplo real muy relevante y que he visto como ausente dentro de las organizaciones. El mismo reforzará la conectividad de la cadena Política-Procedimiento-Proceso.

#### **ANÁLISIS DE FALLA CAUSA RAÍZ (RCA/RCFA)**

He visto cómo en la mayoría de las compañías y organizaciones existe una forma de RCFA en ejecución. Usualmente se encuentra alrededor de investigaciones de incidentes de seguridad/medio ambiente, pero puede ser bastante visible también fuera de esas disciplinas. Además, con mucha frecuencia, las entidades de Seguridad y Ambiente actúan independientemente con casi ningún método o herramienta compartida para llevar a cabo la investigación. Un RCFA puede ser un método muy efectivo como herramienta para identificar y eliminar una falla mientras se entiende los factores reales causantes alrededor del incidente. El punto es que esto es hecho de manera muy aleatoria y ad hoc en cuanto a tiempo y metodología. Esto es especialmente cierto en organizaciones con múltiples sitios y que se han desarrollado más por adquisición en vez de por crecimiento orgánico.

En recientes artículos, hemos discutido el equilibrio necesario dentro de una compañía para que sea saludable. Debe haber un balance entre Seguridad, Ambiente y Ganancias. Una simple política de RCA/RCFA debe escribirse para acompañar todos estos elementos.

- Dicha política incluye declarar que debe ejecutarse un RCA/RCFA en circunstancias específicas. (Nota: “Debe” es una palabra que implica obligación legal, no una ejecución opcional)
- Debe definirse los puntos de enfoque
  - Un incidente de Seguridad o su probabilidad de ocurrencia
  - Un incidente de Ambiente o su probabilidad de ocurrencia
  - Un incidente de Pérdida de Ganancia
    - a) Pérdidas económicas por una cantidad mayor de X dólares como resultado de una falla (asegúrese de incluir multas potenciales o pérdida de contrato como parte del valor potencial total)
    - b) Pérdida de tiempo de producción mayor a X como resultado de la falla (el uso de dicha medida se produce cuando el costo de falta de tiempo se desconoce o está en proceso de acumulación de WIP (Work in Progress o Trabajo en Proceso) y por lo tanto, hay una pérdida mínima o ninguna pérdida en la ganancia final)
    - c) El costo de la reparación es mayor a X dólares como resultado de la falla (esto debe incluir toda la mano de obra y refacción)
- Debe haber dos niveles por cada punto de manera que pueda usarse un método menos riguroso de RCFA sin afectar grandemente las operaciones, p.ej. 5-Why
- Una vez que el punto ha sido activado, un equipo funcional mixto debe reunirse dentro de un marco de tiempo específico del incidente (preferiblemente 24 horas o menos)
- El equipo de RCFA tendrá una lista de funciones estándar a ser consideradas

- Nombres individuales en una lista que determinará quién está calificado para realizar dicha función en esa circunstancia específica

- El método de RCFA está incluido en la política
- Todo el personal enlistado deberá haber tenido entrenamiento en la metodología
- Se designará un marco de tiempo para los resultados iniciales
- Se designará un marco de tiempo para los resultados finales
- Debe establecerse un procedimiento y proceso sobre la manera cómo documentar e implementar cambios como resultado de los hallazgos.

Debe realizarse un mapa de proceso de flujo de trabajo documentado para crear una representación visual del método de: 1. Cuándo ejecutar un RCFA? 2. Método y flujo para ejecutar el RCFA? 3. Métodos para implementar acciones como resultado del RCFA.

Ahora, la organización tiene una política y método estándar para entender:

- ¿Qué es un RCFA?
- ¿Por qué debe ejecutarse?
- ¿Cuándo debe ejecutarse?
- ¿Quién debe ejecutarlo?
- ¿Cómo debe ejecutarse?
- Expectativas resultantes de la ejecución

Al observar el ejemplo anterior, es evidente la interconectividad entre la cadena Política-Procedimiento-Procesos y cómo esa conectividad puede ayudar a una organización a alcanzar sus metas.

Manténgase en contacto por el siguiente artículo de la serie en el cual discutiremos la Ejecución (medición) de una organización.

**AUTOR:**

**Scott Kelley, CMRP**  
**Managing Director**  
**c: 713.962.1978**

**ScottKelley@GeoMetricReliability.com**

# IMC 2015:

## Gestión de Activos en español

El afamado congreso internacional de mantenimiento y gestión de activos, International Management Conference, tuvo como una de sus características más destacadas ofrecer tracks en español, iniciativa esta que evidencia el gran interés de Reliabilityweb.com y Uptime Magazine, ambas bajo la conducción de Terrence O'Hanlon, de llevar esta disciplina a otro nivel.

Bonita Springs, en Florida, Estados Unidos, fue el escenario ideal para la 30ava edición de la International Management Conference Conferencia Internacional de Mantenimiento, evento internacional que impulsa cada año ReliabilityWeb.com y Uptime Magazine cuyo CEO, Terrence O'Hanlon, despliega grandes esfuerzos junto a su equipo de colaboradores para afianzar la disciplina del asset management en el mundo. El majestuoso hotel Hyatt Regency Coconut Point Resort acogió este evento, caracterizado por una impecable organización.

Al ser consultado al respecto, Terrence O'Hanlon expresó su gran satisfacción por esta conferencia, cuyos objetivos primigenios se cumplieron a cabalidad. En primer lugar, proveer aprendizaje, dada la gran cantidad de participantes, más de mil, entre los que se encontraban expertos en diversas disciplinas,

dueños de activos y profesionales del ramo, quienes estuvieron en esta conferencia compartiendo conocimientos y experiencias. En segundo término, la conferencia es en sí misma un ambiente donde los colegas pueden establecer contacto entre sí, compartir experiencias y en general establecer una red de comunicaciones e intercambio. "Mi equipo de ReliabilityWeb y yo viajamos por todo el mundo para encontrar los mejores casos de estudio, las mejores técnicas, los mejores expertos en las materias, y hemos ido a Latinoamérica, México, y Puerto Rico muchas veces en los últimos años, para escuchar acerca de algunas prácticas excelentes. Siempre hemos tenido una pequeña sección de personas que vienen de esta parte del mundo a aprender en la IMC, pero gracias a nuestros viajes hemos visto que debería haber gente de España y de estos mismos lugares haciendo contribuciones a manera de intercambio, y no en una sola vía. De modo que

decidimos crear el Latin American Track o Pista de Confiabilidad, para tener un formato que les permitiera compartir sus prácticas a los expertos que sólo hablan español. Este año lo hicimos todo en español, pero esperamos que para próximos años podamos hacerlo traduciendo del español al inglés, de manera que los participantes que sólo hablan inglés también se puedan beneficiar de este conocimiento compartido aquí” destacó O’Hanlon.

Para el 2016, ReliabilityWeb se propone ampliar el potencial que supone la Pista de Confiabilidad surgida en el IMC, y espera recibir expertos de todo el orbe para escuchar, confrontar ideas, comparar experiencias y, en general, permitir la dinámica natural que afianza y profundiza el asset management. O’Hanlon extendió esta invitación a todos los lectores de Uptime Magazine y ReliabilityWeb.com, a quienes conmina a compartir sus abstracts de presentaciones para la conferencia internacional. Para tal efecto, la página web reliabilityweb.com contiene un link diseñado para los interesados en participar en el IMC 2016, que se espera sea un evento magno. “Buscamos expandirnos y crear la mejor comunidad de Mantenimiento, confiabilidad y gestión de activos en cualquier parte del mundo, sin que haya barreras de lenguaje. La IMC 2016 va a ser un gran evento” –destacó Terrence. Agregó que su experiencia con las conferencias es que son muy inspiradoras y ayudan a encontrar muchas nuevas ideas, pero nada de eso marca una diferencia si, al regresar al trabajo, no se aplica lo aprendido. Inspiración, aprendizaje, intercambio, descubrir nuevas soluciones, nuevos productos, software, hardware, y exhibiciones de alto estándar son las premisas del IMC, pero lo más importante es que los participantes regresen a sus empleos habituales, apliquen lo aprendido, y finalmente compartan esta experiencia en la siguiente conferencia. “Ese ciclo de 360 grados es lo que estoy buscando” –puntualizó O’Hanlon.

## Un IMC con Ñ

La serie de tracks o pistas en español trajo consigo, a no dudar, muchísima aceptación entre los invitados y participantes. Esta posibilidad de ofrecer conferencias de 18 minutos en español sobre los más diversos tópicos que registra el asset management supuso un punto de avance importante en lo que a transferencia de tecnología se refiere. Félix Laboy, presidente de Vibra, considera al IMC una de las conferencias más importantes para Latinoamérica, habida cuenta del gran esfuerzo que pone de manifiesto ReliabilityWeb para poner al alcance de la comunidad del mantenimiento lo más novedoso y avanzado en esa área. “El IMC nos permite interactuar con grandes personalidades de la industria de la confiabilidad y gestión de activos. Tenemos un track en español, y eso es un gran logro para nosotros. En Puerto Rico hay un avance importante en el área de confiabilidad, que se aprecia en negocios verticales como la industria farmacéutica, la minería, generación de potencia” –dijo Laboy a Predictiva21.

Gus Velázquez, Jefe de ventas para Latinoamérica de SDT North America, dijo que el abrir un track en español permite a Latinoamérica a acceder a mejores tecnologías, a través de los foros, charlas y talleres que ofrece el IMC, lo cual “acelera nuestro conocimiento y redundará en beneficio de nuestras industrias y la competitividad de las mismas. Tenemos muchos años en estos eventos, pero en los últimos años se ha visto más participación de Latinoamérica, y más este año con los tracks en español”. Velázquez, exponente en los tracks, versó su participación en el manejo de datos, análisis y como convertirlos en acciones proactivas para programas de ultrasonido. Por su parte Boudewin Niejes, de Copperleaf, sostuvo que el evento avanza cada año, aumentando su interés y valor dentro del colectivo mundial de mantenedores. Para este año, el tema de los procesos para las empresas respecto a alinearse con la norma ISO 55000 y las mejores prácticas de GA ha sido muy

discutido, y poder hacerlo además en español ha sido una experiencia de lujo. “En el último año ha habido un desarrollo muy rápido en América Latina de muchas empresas. Cartagena demostró el verdadero interés que hay en el sector para Gestión de Activos, así que este es un seguimiento lógico acá en IMC. Hablaré sobre gestión de inversiones, gestión de Capex y cómo optimizar este proceso, y poder hacerlo en el IMC 2015 es una experiencia increíble” –apuntó Nieves, gran conocedor del tema y conferencista asiduo. Asimismo Osberto Díaz, ingeniero de confiabilidad E&M Solutions de Venezuela, no dudó en calificar como magníficos los tracks en español, por ser una excelente oportunidad para intercambiar conocimientos, y espera que los tracks sigan creciendo en la ya muy esperada IMC 2016. Norberto Levin, Presidente de Levin Global, holding basado en España con sociedades en Ecuador, México, Perú, Bolivia, Argentina, Perú, Estados Unidos, y dedicados a la gestión de activos físicos, valuaciones y software para gestión de activos; dijo sentirse muy a gusto en el IMC 2015. Físico de profesión, Levin se integró a la firma creada por su padre y, al igual que el resto de los entrevistados, los tracks en español le parecen una idea genial, un total acierto por parte de ReliabilityWeb. “Creo que en los próximos años estos espacios en español crecerán y tendrán mucho más público y participantes. En las empresas existen silos aparte entre la gente de planta y la gente de administración, pero la ISO 55000 exige la integración de los equipos operativos con los equipos de administración, y tratar este enfoque es básico para el negocio. En lo personal, muy agradecido con Reliabilityweb y con Terry por haberme invitado” dijo Levin. Carlos Mario Pérez, de Soporte y Compañía Limitada, refirió que es la primera vez que participa en el IMC, aun cuando ha estado en otros eventos del grupo Uptime. En su opinión, el mercado en español dentro de los Estados Unidos ha crecido de forma importante, de ahí que las conferencias en español resulten tan acertadas, tomando en cuenta además el crecimiento del mercado latinoamericano para

gestión de activos. Jorge Alarcón, IK4 Tekniker, España, calificó los tracks como “fabulosos, así como fabulosa es esta oportunidad que brinda el IMC y Reliabilityweb.com, pues es una forma de medir que Latinoamérica no está precisamente rezagada en cuanto al tema del mantenimiento, creo que somos punteros en muchas cosas, principalmente por las necesidades que confrontamos, así que hemos sido muy buenos manteniendo nuestros equipos” –comentó Alarcón.

## El Sur: Presente y en Español

El interés por la gestión de activos y las normas internacionales de calidad para esta actividad, primero con PAS 55 y luego con la Norma ISO 55000, no es nuevo para Latinoamérica. Organizaciones de mantenimiento de cada país, agrupadas en Copiman, el Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento, desarrollan anualmente congresos, encuentros y talleres destinados a promover la cultura de clase mundial para gestión de activos, que redundan en la competitividad de las empresas y en el desarrollo económico de la región. Este interés ha encontrado maravillosa acogida en ReliabilityWeb y su CEO Terrence O’Hanlon, quien se ha involucrado de manera activa con los esfuerzos de los países caribeños y sureños con respecto a la gestión de activos. Debido a esto, los tracks en español tuvieron un espacio importante en el IMC 2015, para beneplácito de sureños y caribeños. Recientemente, tuvo lugar en Uruguay el congreso URUMAN 2015, en donde se le rindió un merecido homenaje al Maestro Lourival Tavares, quien ha dedicado los últimos 20 años de su vida profesional a la educación para el mantenimiento y la gestión de activos. Santiago Sotuyo, presidente de URUMAN, dirigió el congreso, y también estuvo presente en Bonita Spring. “Vine por primera vez en 2004, y para esa época la brecha (en mantenimiento) era bastante grande. Hoy en día, el congreso con tracks en español

demuestra que estamos creciendo mucho, y ahora con ISO 55000 vamos a crecer más. Muchas empresas del sur tienen mucho avance, y esta es una oportunidad de reencontrarnos con amigos latinoamericanos y norteamericanos, poner en común conocimientos y tecnología, y nos parece muy auspicioso este empuje de la comunidad latinoamericana de mantenimiento a través de Copiman y de la propia gente de ReliabilityWeb, que ha creído en la opción de la comunidad latinoamericana con su sitio web en español, ahora con estos espacios en español, y los demás eventos que ellos organizan” destacó Sotuyo durante la entrevista. Este sentir es compartido por Gastón Zanco, de Metales del Talar, Argentina. Para Zanco, el IMC 2015 representa una ventana muy importante para mantenimiento y la apertura del mercado en español de gestión de activos, además de la posibilidad de compartir experiencias, lecciones aprendidas y el networking propio de este tipo de eventos.

Tal vez una de las figuras más emblemáticas del mantenimiento en el sur es Henry Ellman, socio y fundador de Ellman-Sueiro y Asociados, una de las empresas más importantes de mantenimiento en Argentina. Ellman considera que esta oportunidad de tracks en español en un congreso internacional tiene especial relevancia, sobre todo tomando en cuenta los grandes beneficios que esto aporta para la industria latinoamericana, con el consecuente desarrollo económico y social que implica para los países de la región. Henry Ellman desarrolló en el IMC el Taller Confiabilidad Reliability center management, introduciendo un cambio de términos muy importante, dado que el mantenimiento de confiabilidad no se limita a la función mantenimiento solamente, sino que involucra todas las especialidades de management: operaciones, seguridad, medio ambiente, calidad, recursos, finanzas, etc. En opinión de este experto de larga trayectoria es que los conocimientos sobre mantenimiento deberían ser transmitidos de forma simple y accesible, incluso desde la enseñanza primaria.

“Si estos conceptos se enseñan desde la niñez, será más fácil hablar de esto en la edad adulta” –expresó Ellman.

## A ambos lados del Atlántico...

Por quinta vez, David Faro, de Preditec, España, participa en el IMC. Señala que los tracks en español son una gran novedad, lo cual pone en evidencia lo mucho que ha crecido la presencia de hispanoparlantes en este evento. “Estamos muy contentos por esta posibilidad, y damos las gracias a ReliabilityWeb por invitarnos, y así compartir y aportar lo que hacemos en Europa por la gestión de activos” –destacó el representante de Preditec. Para Jesús Sifones, la relevancia del evento no tiene discusión. “Toda la información sobre ISO 55000 puede ser escuchada en español, todo lo nuevo en gestión de activos, y eso es muy importante –destacó, dado que en Latinoamérica nos estamos moviendo en esta dirección. Este año tuvimos la primera edición de Reliability and Maintenance Congress 2015 “Journey Towards ISO 55000” en Puerto Rico, a cargo de la institución Condition Monitoring and Maintenance Institute, CMMI, y estar ahora en el IMC es una gran oportunidad para seguir expandiendo lo que hacemos y lo que sabemos”. Indicó que para el 2016, el CMMI de Puerto Rico espera realizar una segunda edición de este congreso, con figuras como Jim Picknell y el Dr. Andrew Yardin.

Uno de los países presentes en el congreso fue Guatemala, según explicó Víctor Blanco, quien labora para Cementos Progreso, empresa guatemalteca que desde hace 15 años viene interesándose y aplicando los principios de la gestión de activos. Al igual que otros participantes, Blanco quedó gratamente satisfecho por los tracks en español, que suponen un empuje muy importante para la expansión de la gestión de activos. “Es muy necesario implementar la seguridad y el mantenimiento en las industrias, por el impacto que tiene para nuestras economías. El que haya

acá ese espacio en español nos ayuda a comprender mejor estas cosas. Yo hablo inglés, pero no es mi lengua nativa, así que escucharlas en español me permite trasladar estos conocimientos a nuestras industrias, tener una gestión adecuada y que desde el mantenimiento se logre obtener beneficios, que es un concepto muy moderno, no la actividad secundaria que creíamos. Y esta conferencia nos lo permite, con los traks en español, porque el intercambio de la información es crucial.” –dijo Blanco. Luis Améndola, experto mundial en gestión de activos, creador del PMM Learning Institute y autor de varios libros sobre el tema, expresó que a través de los años ha ido aumentando la cantidad de hispanoparlantes en el IMC, y que impulsar considera que este esfuerzo de ReliabilityWeb es muy loable, pues permite intercambiar conocimientos y transferir tecnología. A nivel profesional, Améndola sigue comprometido con la producción de literatura, además de otros retos profesionales. Por su parte Tibaire Depool, socia y cofundadora de PMM Learning Institute, felicitó al IMC por esta 30ava edición, que evidencian tres décadas de esfuerzo continuo por llevar el mantenimiento y la gestión de activos a su máxima expresión, e involucrar a la mayor cantidad posible de personas y empresas. Depool dictó una conferencia asociada a gestión de competencias para gestión de activos. Al igual que Henry Ellman, Depool considera que mostrar de forma fácil los conceptos de gestión de activos, y desde una edad temprana, podría cambiar el comportamiento de las personas en relación a los objetos, las estructuras y las relaciones interpersonales.

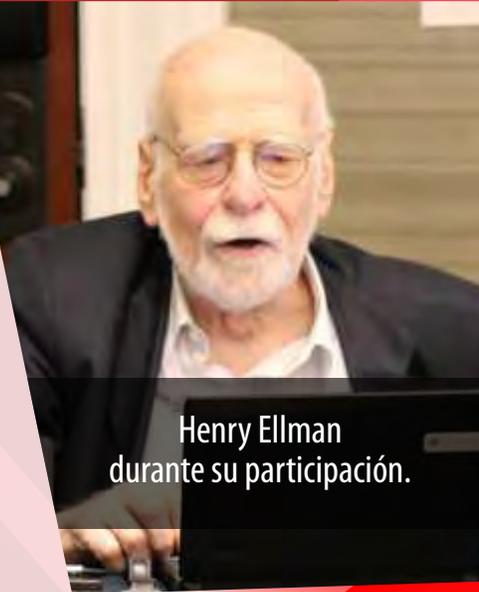
Por último Maura Abad, quien dirige brillantemente las relaciones públicas de ReliabilityWeb y Confiabilidad.net a nivel global, agradeció a Predictiva21 la cobertura del evento. Participantes de más de 35 países se dieron cita en este excelente congreso, que además presentó el recién creado grupo WIRAM, mujeres en confiabilidad y gestión de activos, y que permitió tener una reunión cara a

cara con las mujeres que se dedican a la gestión de activos en todo el mundo y la importancia de su trabajo en cada una de las organizaciones a las cuales pertenecen. “Esta iniciativa nació hace dos meses, nuestra cofundadora Kelly O’Hanlon, quien junto con Terrence tenía esta inquietud de que las mujeres tuvieran un grupo, expuso la idea. Estoy muy contenta de haber llevado a cabo la cristalización de esta idea, que consistió en una serie de webinarios, gratuitos, en los cuales las mujeres de la comunidad hablan de diversos temas que involucran el mantenimiento. Los webinarios son grabados, se llevan a cabo a las 3:00 pm hora del este, y se conectan personas de muchos países. Para el 2016 los webinarios serán en inglés y español, y esperamos involucrar a las universitarias, profesionales e ingenieras del mundo, que cuentan con un espacio en el cual exponer sus ideas, intercambiar experiencias y formar a las nuevas generaciones” –señaló Abad al concluir la entrevista.

Entre las muchas atracciones de este evento, destacaron los Uptime Award, que tienen por objeto premiar a las mejores organizaciones con las mejores prácticas y casos de éxitos para gestión de activos. Este año, los premios recayeron en las empresas Nova Scotia Power, BEST ASSET MANAGEMENT Uptime Award Winner 2015; Portland General Electric, BEST RELIABILITY ENGINEERING for MAINTENANCE Uptime Award Winner 2015; Southern Gardens Citrus, BEST ASSET CONDITION MANAGEMENT Uptime Award Winner 2015; Bristol-Myers Squibb, BEST OVERALL Uptime Award Winner 2015; Central Arizona Project, BEST LEADERSHIP for RELIABILITY Uptime Award Winner 2015 y University of Central Florida, BEST WORK EXECUTION MANAGEMENT Uptime Award Winner 2015.

Una vez más, ReliabilityWeb y Uptime ofrecieron lo mejor de sí en pos del mantenimiento, la gestión de activos, la industria mundial y el desarrollo global.

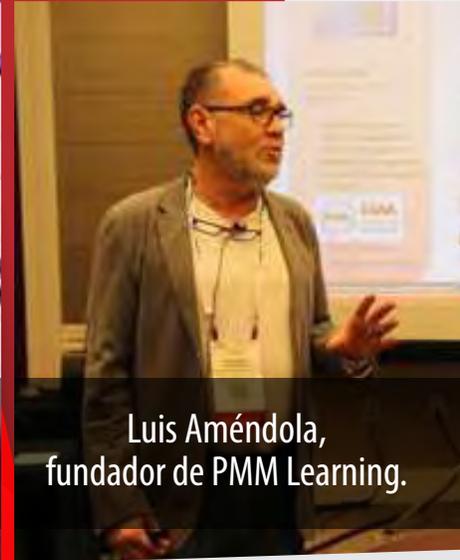
**Textos: Alimey Díaz**  
**Corresponsalía y fotos: Miguel Guzmán**



Henry Ellman  
durante su participación.



Terrence O'Hanlon,  
CEO de ReliabilityWeb.



Luis Améndola,  
fundador de PMM Learning.



Terrence O'Hanlon y Enrique González.



Santiago Sotuyo y el equipo de ARMS.



David Faro, Jorge Alarcón, Maura Abad,  
Gastón Zanco, Santiago Sotuyo y Jesús Terradillo.



Miguel Guzmán, Víctor Blanco, Enrique González,  
CEO de Predictiva21 y Osberto Díaz.



Bonita Spring  
fue el punto de encuentro,  
el el Hyatt Hotel.



# 6 ERRORES A EVITAR CON EL SOFTWARE DE GESTIÓN DE ACTIVOS (EAM)

Las organizaciones invierten millones de dólares cada año en soluciones de software de gestión de información para gestionar los requerimientos y documentos pertinentes para su estrategia de gestión de activos. La norma ISO 55002:2014 recientemente publicada, Gestión de Activos – Sistemas de Gestión – Guías para la aplicación de la ISO 55001:2014, define esta tecnología de la información como el soporte para el sistema de gestión de activos.

Los requerimientos de información contenidos en este estándar señalan los gaps que rutinariamente previenen la obtención del retorno definido en el caso de negocio que fue usado para seleccionar el software.

Aquí presentamos seis errores comunes que las organizaciones cometen y que evitan que la inversión realizada obtenga los beneficios pronosticados.



## CADENA DE VALOR

A pesar de los avances que los principios “lean” han ganado en la industria, hay una debilidad en las organizaciones dentro y fuera de la industria, porque fallan a la hora de definir la cadena de valor y como las personas y los activos físicos se integran para crear valor para la organización. Sin esto, la complejidad de la gestión de la información deviene estresante. Tomemos como ejemplo la Figura 1, una interpretación de la IEC 62264-1 para el flujo de información de una refinería.

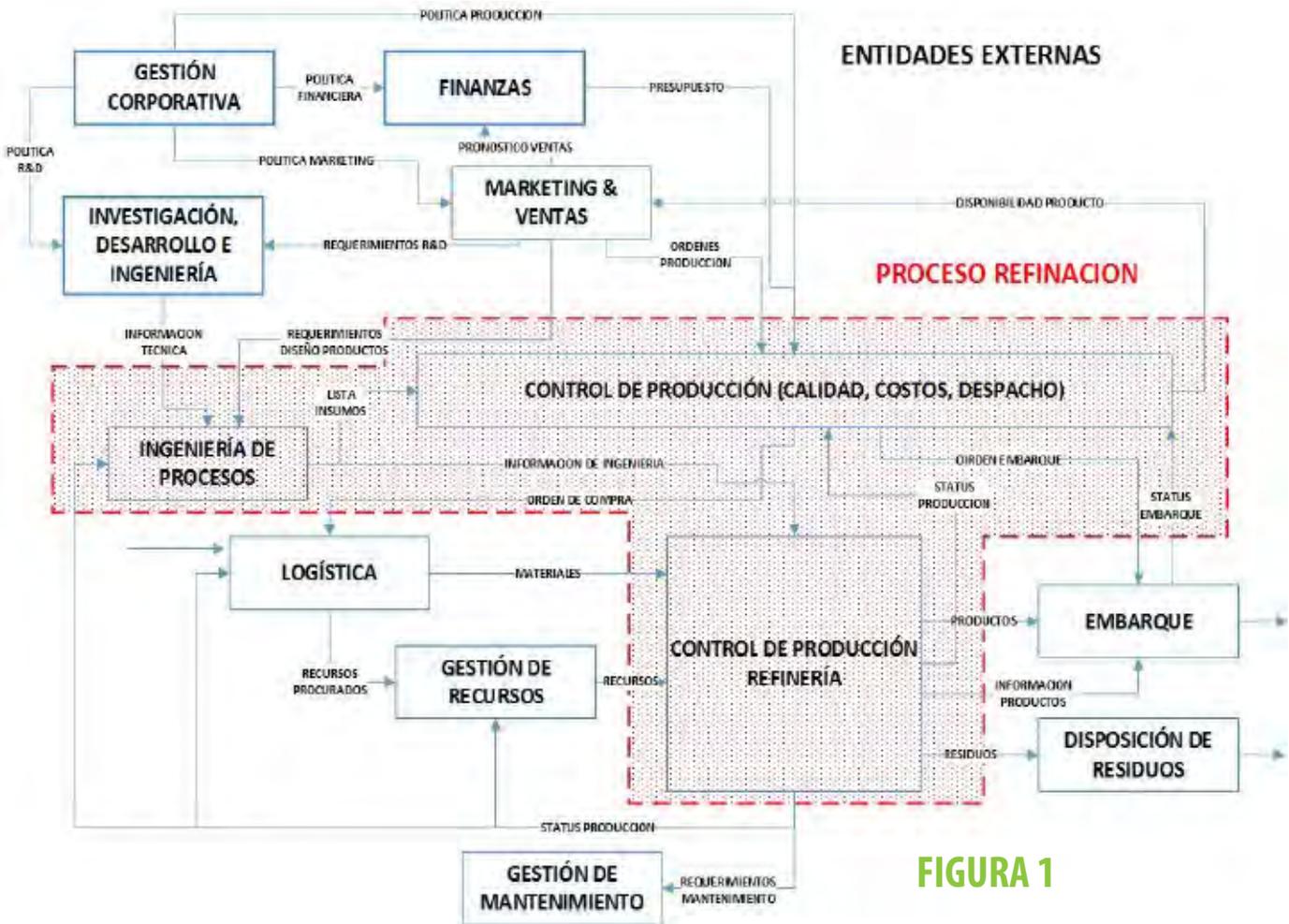
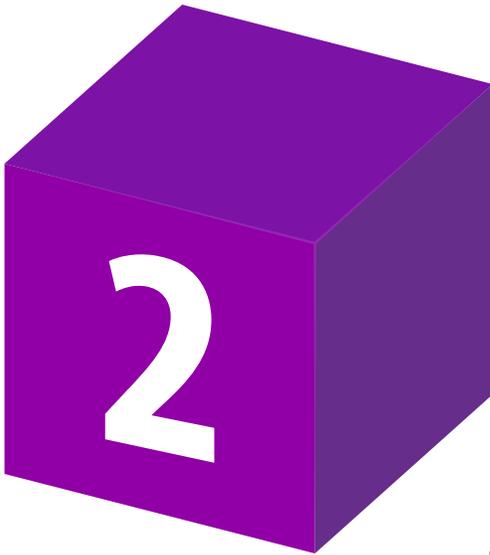


FIGURA 1

El flujo de información para una refinería, una interpretación de la IEC 62264- 1, facilita definir cuál data y requerimientos son necesarios para la gestión de la información relacionada con los activos y como ella crea valor para el negocio.

Una vez que esta información fluye y es claramente entendida, es más fácil definir

cual data y requerimientos son necesarios para la gestión de la información relacionada con los activos y como ellos crean valor para el negocio. Sin este enlace transparente con el negocio es casi imposible para una organización configurar un sistema que maneje la información para tomar decisiones de gestión de activos en tiempo real.



## PROCESOS DEL NEGOCIO

La falta de procesos de negocio claramente definidos al nivel de transacciones crea una cantidad significativa de trabajo sin valor agregado para una organización al permitir una variación significativa en los sistemas de gestión. Otra debilidad son los roles y responsabilidades pobremente definidos para la ejecución de cada paso del proceso. Invertir en tecnología sin el alineamiento de proceso y sistemas puede reducir el beneficio debido al incremento de trabajo sin valor agregado como el tiempo perdido en revisar data, duplicación de bases de datos, duplicación de sistemas de información y tareas ad hoc. Sin procesos de negocio claramente definidos, es difícil delinear los requerimientos funcionales que necesitan ser cumplidos para una estrategia efectiva de gestión de activos.



## REQUERIMIENTOS DEL USUARIO

Las personas que diseñan, adquieren, construyen, comisionan, operan, mantienen y disponen del portafolio de activos físicos de la compañía tienen requerimientos funcionales específicos y de data, lo que se muestra en la Figura 2, que son necesarios para gestionar estos activos a través del ciclo de vida. Un número significativo de estos requerimientos residen en el dominio de la tecnología de la información. Desafortunadamente, la selección, configuración e implementación de soluciones que cumplan el requerimiento funcional a menudo son conducidas por un grupo de personas con limitado entendimiento de esos requerimientos y la comunicación a través del espacio en blanco es inexistente. La ausencia de compromiso de la dirección y la falta de acuerdos internos de auspicio a menudo se combinan para prevenir esta necesaria colaboración. Los requerimientos de los usuarios deben ser eslabonados con los objetivos del negocio y reforzados a través de indicadores que conduzcan a la conducta correcta.



FIGURA 2

Las personas que diseñan, adquieren, construyen, comisionan, operan, mantienen y disponen del portafolio de activos físicos de la compañía tienen requerimientos

funcionales específicos y la data resultante que es necesaria para gestionar estos activos durante su ciclo de vida.



## DATA MAESTRA

Otra área de oportunidad es la data maestra contenida dentro del sistema EAM. La mayoría de implementaciones centralizadas de TI fallan, al darse cuenta que instalar el software en los servidores o alojándolo en la nube es una fracción del nivel de esfuerzo y costo en la configuración e implementación de soporte a las mejores prácticas de gestión de activos. La integridad de la data es importante por razones de requerimientos del negocio, legales y regulatorios. Los controles implementados deben ser adecuados para el tipo de información que apoya las actividades de gestión de activos, de acuerdo con la ISO 55002:2014 Sección 7.6, Información documentada. En más de 300 evaluaciones que hemos conducido en las pasadas décadas, menos del 30% de la data fue precisa en las auditorías electrónicas y de campo. Tal pobreza de la integridad de la data es debido a una débil implementación del plan inicial, falta de gestión del cambio, obsolescencia y falta de apego a los controles. Las clasificaciones de tipos de activos, con definiciones claras y una convención estándar de nombres debería ser adoptada por la organización como un todo. Los tipos de activos y otros criterios que los distinguen, como costo del ciclo de vida, término de vida útil, valor de reemplazo de activos, especificaciones de ingeniería y data de confiabilidad proveen los cimientos para el análisis. Típicamente esta clasificación no existe debido a las deficiencias señaladas en el párrafo anterior.



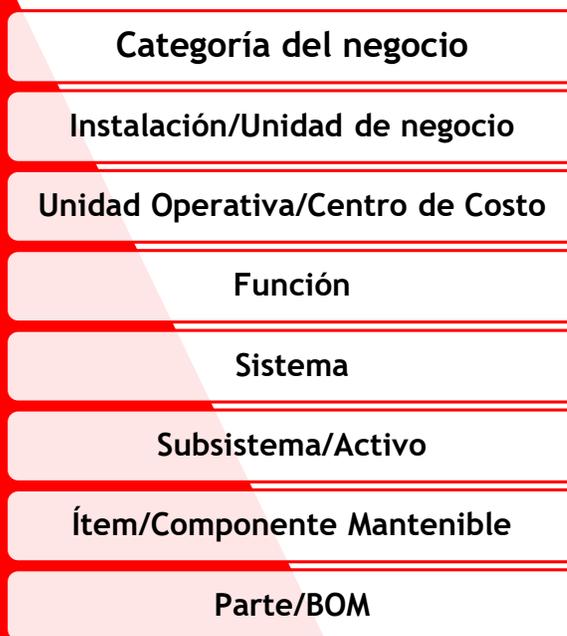
## ESTRUCTURA JERÁRQUICA

La taxonomía es definida por la norma ISO 14224:2006 como una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios de estos ítems – por ejemplo ubicación, uso o subdivisión de equipos. La clasificación de la data relevante a ser recolectada según este estándar está representada por la jerarquía mostrada en la Figura 3.

Taxonomía definida por la norma ISO 14224:2006 como una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores comunes a varios de los ítems.

Puesto que la mayoría de estructuras jerárquicas están definidas en el sistema EAM como una función de cuentas generales y balances, hay poco esfuerzo invertido en esta estructura por debajo del nivel 4. Desafortunadamente los niveles 5 a 8 son aquellos que proveen la granularidad para recolectar la data relevante sobre los modos de falla, efectos y causas, junto con los métodos de detección para aplicar el análisis RCM y conducir al análisis de causa raíz para identificar riesgos y también evaluar la efectividad de las estrategias de control. La falta de detalle dentro de estos niveles es un impedimento para realizar el análisis de confiabilidad.

FIGURA 3





## MÉTRICAS

Con cualquier sistema de gestión, existe la necesidad de encontrar una manera de completar el ciclo. Todos los sistemas de gestión desarrollados bajo la ISO 72:2001, Guías para la justificación y desarrollo de estándares de sistemas de gestión, son desarrollados en un ciclo de mejora continua PHVA (Planear-Hacer-Verificar- Actuar). Sin métricas, no existe la etapa "Verificar" del ciclo, y por la tanto no hay mejora. Los cinco factores señalados previamente (Cadena de valor, procesos del negocio, requerimientos del usuario, data maestra y estructura jerárquica) son fundamentales para el desarrollo y aplicación de las métricas. El objetivo principal de una métrica es asegurar que conduzca a la conducta correcta. Una métrica debe tener una definición, objetivos, fórmula para el cálculo, fuente de datos de cada término del cálculo, base temporal, conducta deseada a la cual la métrica debe conducir y valor objetivo a lograr. Subestimar o fallar en invertir el apropiado nivel de esfuerzo en configurar e implementar su sistema de gestión de activos empresarial para asegurar que estos seis factores están adecuadamente direccionados, conducirá a una gestión de activos sub optimizada que no logrará el objetivo de una mayor utilización de los activos a un menor costo total de propietario. Esto será porque su organización falló en conseguir el retorno de inversión para aquello que fue vendido como una tecnología eficaz para la gestión de información de los activos, pero que solo resultó

### AUTORES:

#### **Mike Poland**

Engineering Officer  
CMRP, Director of Life Cycle  
Engineering's Asset Management  
Services Group  
mpoland@LCE.com

#### **Víctor D. Manríquez**

Ingeniero Mecánico.  
CMRP-MSc. Energías Renovables  
Ing. de Confiabilidad  
Docente IPEMAN  
vmanriquez62@yahoo.es  
Perú

# ¿CÓMO AFECTA LA DESALINEACIÓN EN LA CONFIABILIDAD DE UN MOTOR ELÉCTRICO?



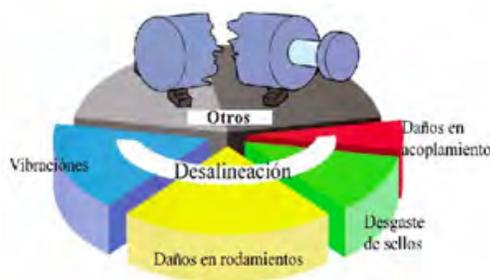
Hoy en día gran parte de los departamentos de confiabilidad o de mantenimiento se preocupan o no, en el momento en que identifican la presencia de una desalineación fuera del rango admisible de funcionamiento. Por lo que, la incógnita que nos debemos plantear es el hecho del **¿POR QUE DEBEMOS PRESTAR ATENCIÓN A LA PRESENCIA DE DICHO DEFECTO?**

Un análisis estadístico de las ocurrencias de los distintos problemas asociados a las maquinarias indica que aproximadamente:

- El 40% de los problemas se debe a desbalanceo.
- El 30% de los fallas es debido a la desalineación en máquinas acopladas.
- El 30% de los problemas es debido a problemas de correas y poleas en máquinas a polea.
- El 20% de los inconvenientes es debido a los rodamientos.
- El 10% de los problemas estaría relacionado a las resonancias.
- El 10% de las fallas se debería a otras causas como: cavitación, remolino de aceite, huelgos o juegos mecánicos, turbulencias en cañerías, etc.

Al momento de hablar de una desalineación, nos referimos estadísticamente a más de un 50% de todas las averías prematuras que podrían sufrir las máquinas eléctricas. Hoy en

día los motores eléctricos giran cada vez más rápidamente y reciben mayores cargas, mientras la construcción moderna tiende al mismo tiempo a utilizar elementos más ligeros, por lo que los motores eléctricos son cada vez más sensibles a los errores de alineación.

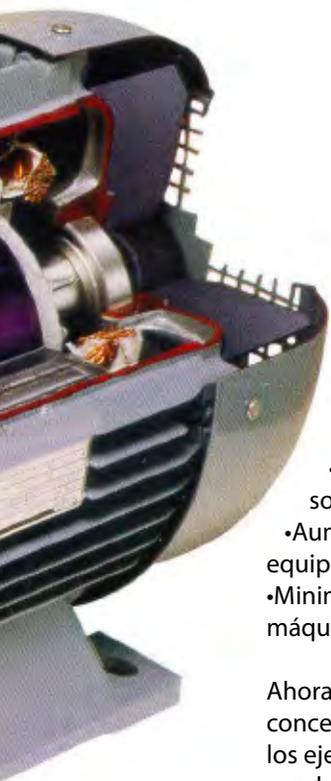


La alineación es la condición en la que se presenta cuando entre dos o más máquinas, las líneas centrales de sus ejes coinciden entre sí, es decir, son colineales.



Una buena alineación entre los ejes de un sistema formado por un motor eléctrico y una máquina conducida, tendría las siguientes ventajas:

- Aumenta la vida útil de los rodamientos.

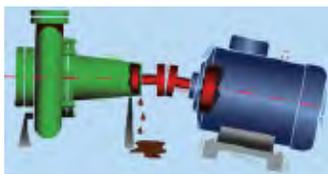


- Reduce el riesgo de la rotura del acople.
- Reduce en consumo eléctrico.
- Disminuye las amplitudes de vibración.
- Aumenta la confiabilidad de la máquina.
- Disminuye el riesgo de sobrecalentamientos.
- Aumenta los niveles de producción del equipo.
- Minimiza las paradas imprevistas de la máquina.

Ahora bien, la desalineación se podría definir conceptualmente como la condición en la que los ejes de la maquina conductora y la maquina conducida no poseen la misma líneas de centros, es decir, no cumplen con la condición de colinealidad. Por lo que también, es cierto que siempre va existir una pequeña desalienación por que la alineación perfecta no existe, por ende es de suma importancia escoger un acoplamiento que logre absorber dicho defecto con el fin de minimizar los esfuerzos generados por dicha desalineación admisible de funcionamiento.

Las causas más destacas de una desalineación podrían ser:

- Defecto asociado al acoplamiento de las máquinas durante su montaje (Deficiencia en el montaje).
- Mal mecanizado del acople.
- Dilataciones térmicas durante el funcionamiento.
- Fuerzas transmitidas debido a las tensiones de las cañerías.
- Fundiciones irregulares o en mal estado (Asentamientos de fundiciones).
- Bases débiles (pata coja o pie elástico).
- Solturas de fijaciones.
- Deformaciones

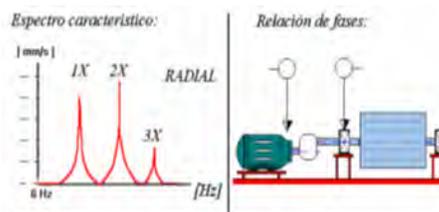


En la realidad siempre existe una desalineación combinada, con lo cual nos referimos al hecho que existe dos tipos de desalienaciones la

angular y la paralela. A continuación realizaremos una breve explicación de las típicas "reglas de diagnósticos" para reconocer cada uno de los tipos de desalineación presente en un sistema

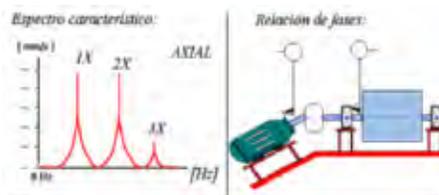
### DESALINEACIÓN ANGULAR:

- El espectro de vibraciones característico sería el de presentar altas vibraciones axiales al 1X y al 2X de la frecuencia de giro de manera predominante con un leve aporte del 3X de la frecuencia de giro.
- Para un análisis de fases, el mismo debería tener un desfase de 180° grados a través del acople, en la dirección axial.
- Cuando la desalineación axial llega a ser severa, puede generar unos elevados picos de amplitud a unos armónicos de la frecuencia de giro mucho más altos (4X-8X), o incluso una serie completa de armónicos de alta frecuencia similar en aspecto a la holgura mecánica.



### DESALINEACIÓN PARALELA

- The typical vibration spectrum would be high radial vibrations of 1X and 2X of the predominant rotational frequency with a little input from 3X of rotational frequency. Also, the amplitude of 2X from the rotational frequency will often be higher than the amplitude of 1X rotational frequency.
- For a phase analysis, it should have a mismatch of 180 degrees throughout the coupling, in the radial direction.
- When parallel misalignment becomes severe, it can generate high amplitude peaks to higher rotational frequency harmonics (4X-8X), or even a complete series of high frequency harmonics similar to mechanical looseness.



Cabe destacar que estas típicas “reglas de diagnósticos”, no siempre se van a presentar de la misma forma y manera para todas las maquinas desalineadas, con lo que queremos decir, que estos típicos espectros en algunas ocasiones no serán del todos confiables debido a las diferentes formas o maneras que se podría mover mecánicamente el sistema bajo estudio, lo cual me podría generar comportamientos de

vibraciones fuera de dichas reglas de diagnósticos.

Otro detalle no menor, radica en el hecho de cómo afecta la presencia de una desalineación en la vida útil de los rodamientos, que tiene una relación directamente proporcional a la fuerza que actúa sobre el mismo, lo cual afectaría de manera significativa a la vida útil del rodamiento.

**ISO 281 evalúa la vida de un rodamiento en función de su carga por:**

$$L_{10} = \frac{(\text{Capacidad de carga dinámica})^n}{(\text{Carga dinámica equivalente})^n}$$

donde:

$L_{10}$  = Vida nominal del rodamiento, en millones de revoluciones, que se espera que alcance o sobrepase el 90% de los rodamientos antes que se manifiesten signos de fatiga.

$n = 10/3$  para rodamientos de rodillos

$n = 3$  para rodamientos de bolas

Carga dinámica equivalente =  $X \cdot \text{Fuerza radial} + Y \cdot \text{Fuerza axial}$

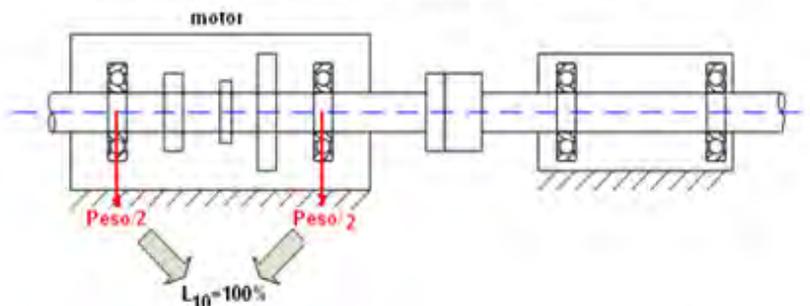
$X, Y$  : factores que dependen del tipo de rodamiento (ver manuales de rodamientos)

**Disminución de la vida de un rodamiento de rodillo con la fuerza sobre él**

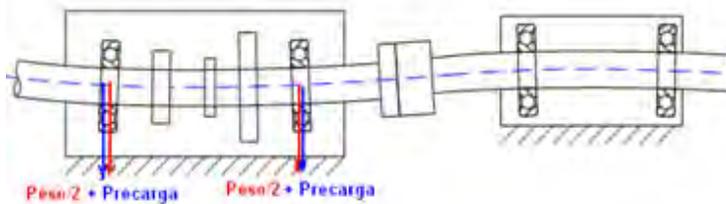
% de aumento de la fuerza sobre el rodamiento	% de disminución de su vida
10%	28%
50%	74%
100%	91%

Un aumento en la carga sobre el rodamiento de un 100% disminuye la vida del rodamiento de rodillo en:  $(1/2)^{3,333} = 0.092$  veces, es decir, **¡en más de 10 veces!**

**MAQUINAS ALINEADAS:** Fuerzas sobre cada rodamiento = Peso del rotor/2



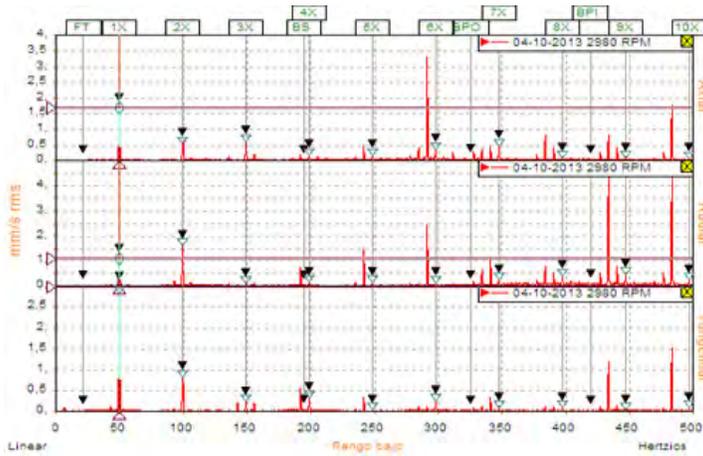
MAQUINAS DESALINEADAS: Fuerzas sobre cada rodamiento =  $\text{Peso rotor}/2 + \text{Precarga}, F$



$L_{10} = 9.92\%$ , si  $\text{Precarga} = \text{Peso}/2$   
(rodamiento de rodillos)

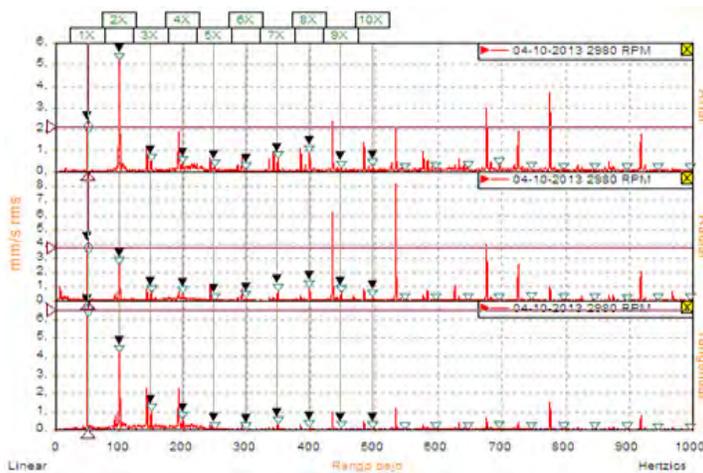
Caso Real "Desalineación en el sistema motor - bomba"  
Motor: ACEC - Velocidad: 2960 RPM - Potencia: 132 kW

MOTOR LADO ACOPLE - ESPECTRO DE VELOCIDAD



Observando cada uno de los espectros de velocidad tanto en el motor como en la bomba, se puede notar que la mayor amplitud de vibración está asociada al 1X y el 2X de la frecuencia de giro por lo que se puede concluir que el conjunto motor - bomba esta desalineado.

BOMBA LADO ACOPLE - ESPECTRO DE VELOCIDAD

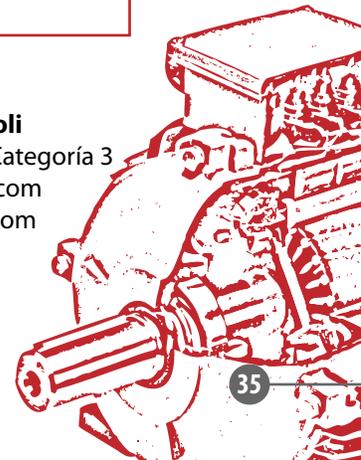


Como conclusión general, se debe considerar el hecho cuando un motor eléctrico se encuentra con una desalineación fuera de tolerancia, por lo que debe tomar los recaudos necesarios para minimizar los esfuerzos que genera la presencia de dicha fuerza excitatriz, con el único objetivo que es el de aumentar la confiabilidad del sistema bajo estudio.

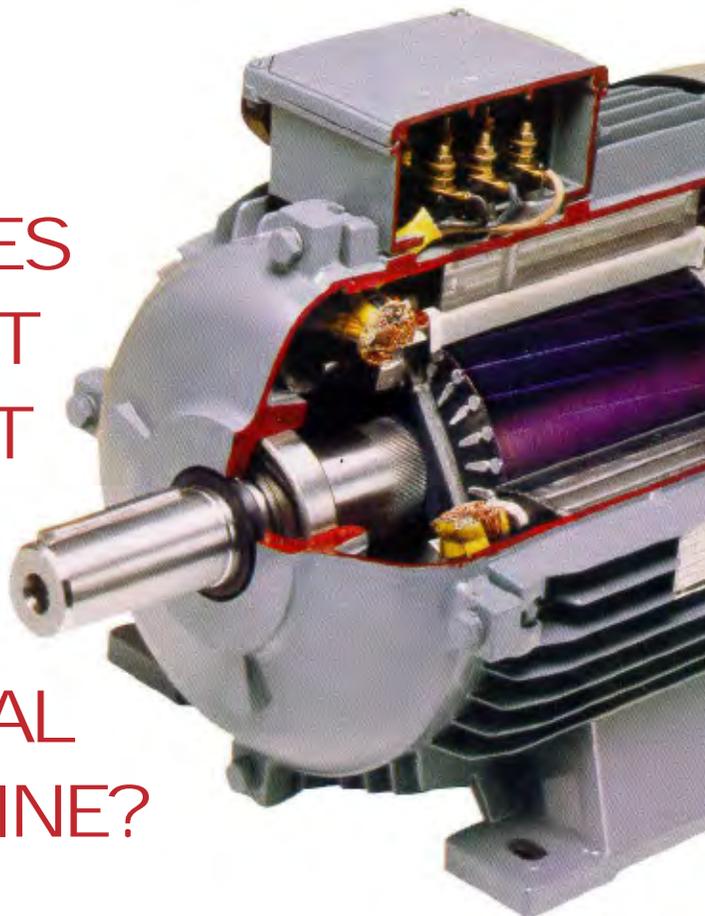
AUTOR:

**Lic. Martín Lémoli**

Analista de Vibraciones Categoría 3  
mlemoli@hotmail.com  
mlemoli@yahoo.com



# HOW DOES MISALIGNMENT AFFECT THE RELIABILITY OF AN ELECTRICAL ENGINE?



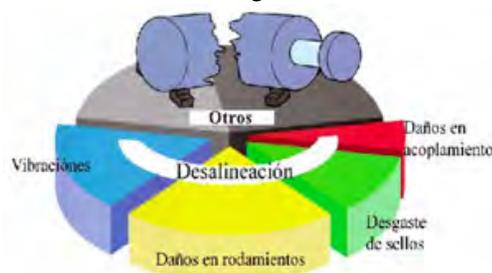
Nowadays, a great deal of reliability or maintenance departments have concerns (or not) when the moment comes to identify the presence of a misalignment out of the allowed range of performance. Thus, the question to consider is the fact of **WHY WE SHOULD PAY ATTENTION TO THE PRESENCE OF THAT FAILURE?**

A statistical analysis of occurrence on the different problems related to machinery indicates that approximately:

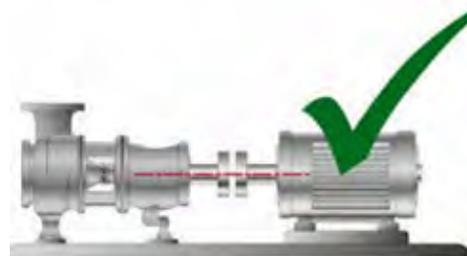
- 40% of the problems are due to misalignment.
- 30% of the failures is due to misalignment in coupled machines.
- 30% of the problems is due to problems in belts and pulleys of machines.
- 20% of inconveniences are due to bearings.
- 10% of the problems are related to resonances.
- 10% of the failures may be caused by: cavitation, oil swirl, allowance or mechanical play, turbulence in plumbing, etc.

When speaking of misalignments, we refer to a statistical 50% of all the premature failures that electrical machines may show. Nowadays, electrical engines rotate much faster and

receive more load, and at the same time modern manufacturing tends to use lighter elements, so electrical engines are more and more sensitive to misalignment mistakes.



Alignment is a condition in which two or more machines share their axial lines, that is, they are collinear.



A good alignment between the axes of a system formed by an electrical engine and a driven machine would have the following advantages:

- Increases the useful life of bearings.

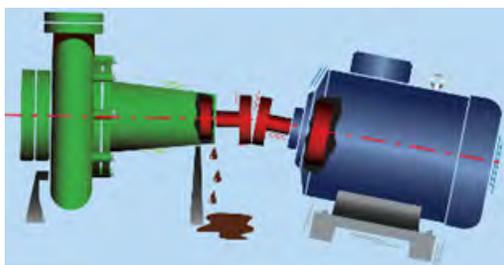


- Reduces the risk of breaking in couplings.
- Reduces electrical waste.
- Diminishes vibration amplitude.
- Increases reliability of the engine.
- Decrease risk of overheating.
- Increases production levels of equipment.
- Minimizes sudden shutdown of machines.

Now, misalignment can be defined as the condition in which the axis of the conducting machine and the conducted one do not have the same center lines, that is, they do not comply with the collinear condition. It is also true there will be a small misalignment for which the perfect alignment is impossible. Thus, it is very important to choose a coupling that absorbs such defect in order to minimize the efforts generated by such allowed misalignment in the performance.

The most common causes for misalignment can be:

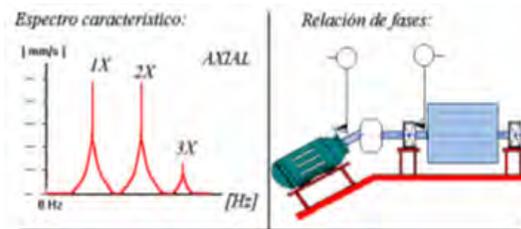
- Flaw associated to coupling of machines during mounting (Deficient mounting).
- Poor mechanizing of coupling.
- Thermal expansions during performance.
- Transmitted forces due to expansions in piping.
- Irregular or defective foundry.
- Weak support.
- Looseness of fixations.
- Deformities.



Actually, there is always a combined misalignment, that is, the existence of two types of misalignment: angular and parallel. Here, we will briefly explain the typical "diagnosis rules" to recognize each of the misalignment types in a system.

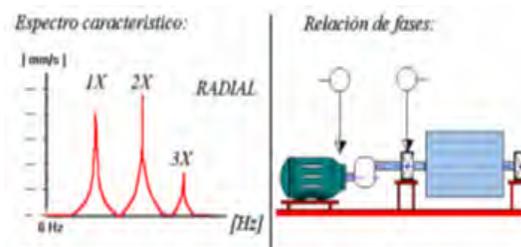
**ANGULAR MISALIGNMENT:**

- The typical vibration spectrum would be of high axial vibrations of 1X and 2X from the rotational frequency predominantly, with little input from the rotational frequency in 3X.
- For a phase analysis, it should have a mismatch of 180 degrees throughout the coupling in the axial direction.
- When the axial misalignment turns severe, it can generate high amplitude peaks to the harmonics of the rotational frequency much higher (4X-8X), of a complete series of high-frequency harmonics similar to the mechanical looseness.



**PARALLEL MISALIGNMENT**

- The typical vibration spectrum would be high radial vibrations of 1X and 2X of the predominant rotational frequency with a little input from 3X of rotational frequency. Also, the amplitude of 2X from the rotational frequency will often be higher than the amplitude of 1X rotational frequency.
- For a phase analysis, it should have a mismatch of 180 degrees throughout the coupling, in the radial direction.
- When parallel misalignment becomes severe, it can generate high amplitude peaks to higher rotational frequency harmonics (4X-8X), or even a complete series of high frequency harmonics similar to mechanical looseness.



We should mention that these typical “diagnosis rules” will not always appear in the same form for all the misaligned machines; that means these typical spectra will not always be reliable due to the different ways that the system being studied can move, which could generate vibration behaviors that are out of the range of

such diagnosis rules.

Another important detail points to the fact of how the presence of misalignment can affect the useful life of bearings, which has a direct proportional relation with the force acting on it, thus significantly affecting the useful life of bearings.

**ISO 281 evalúa la vida de un rodamiento en función de su carga por:**

$$L_{10} = \frac{(\text{Capacidad de carga dinámica})^n}{(\text{Carga dinámica equivalente})^n}$$

donde:

$L_{10}$  = Vida nominal del rodamiento, en millones de revoluciones, que se espera que alcance o sobrepase el 90% de los rodamientos antes que se manifiesten signos de fatiga.

$n = 10/3$  para rodamientos de rodillos

$n = 3$  para rodamientos de bolas

Carga dinámica equivalente =  $X \cdot \text{Fuerza radial} + Y \cdot \text{Fuerza axial}$

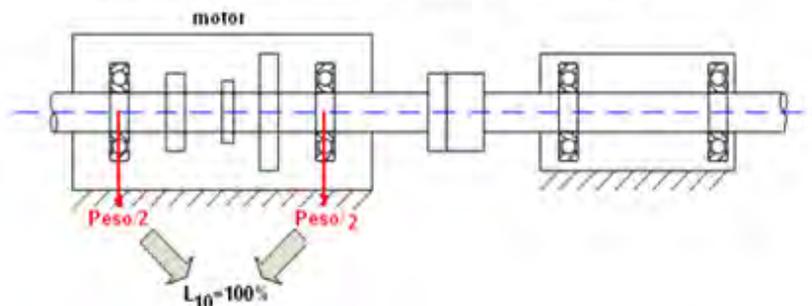
$X, Y$  : factores que dependen del tipo de rodamiento (ver manuales de rodamientos)

**Disminución de la vida de un rodamiento de rodillo con la fuerza sobre él**

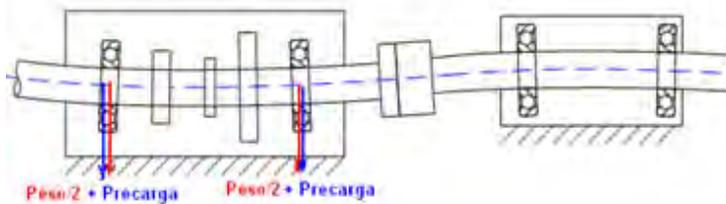
% de aumento de la fuerza sobre el rodamiento	% de disminución de su vida
10%	28%
50%	74%
100%	91%

Un aumento en la carga sobre el rodamiento de un 100% disminuye la vida del rodamiento de rodillo en:  $(1/2)^{3.333} = 0.092$  veces, es decir, **¡en más de 10 veces!**

**MAQUINAS ALINEADAS: Fuerzas sobre cada rodamiento= Peso del rotor/2**



MAQUINAS DESALINEADAS: Fuerzas sobre cada rodamiento =  $\text{Peso rotor}/2 + \text{Precarga}, F$

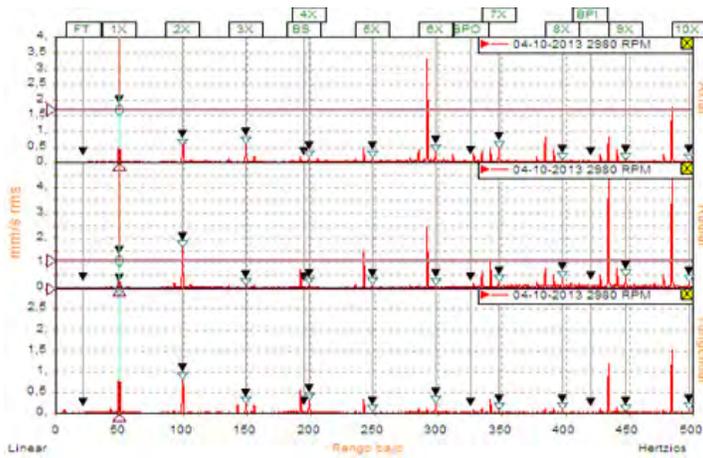


$L_{10} = 9.92\%$ , si Precarga =  $\text{Peso}/2$   
(rodamiento de rodillos)

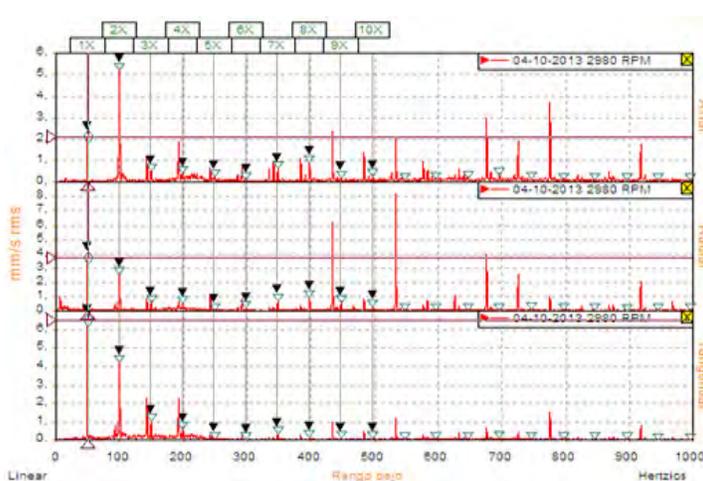
Real Case "Misalignment in the pump-engine system"

Motor: ACEC - Speed: 2960 RPM - Power: 132 kW

COUPLING SIDE OF ENGINE – SPEED SPECTRUM



COUPLING SIDE OF PUMP – SPEED SPECTRUM



As we observe each of the speed spectra, either the engine or the pump, we can see that the higher vibration amplitude is associated to 1X and 2X from the rotational frequency, so it can be said that the motor-pump set is misaligned.

Finally, we can conclude that when an electrical engine has an out-of-tolerance range misalignment, there has to be special consideration in minimizing efforts generated from the presence of such force, with the sole purpose of increasing the reliability of the system under study.

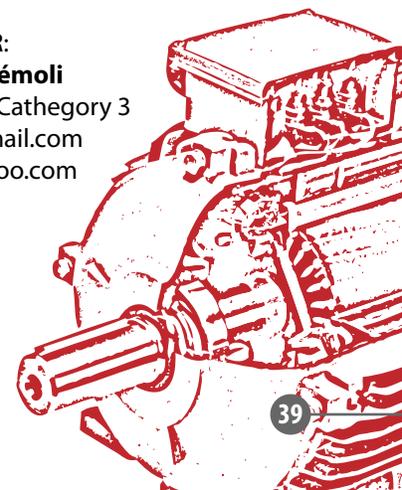
AUTHOR:

**Lic. Martín Lémoli**

Vibrations Analyst Category 3

mlemoli@hotmail.com

mlemoli@yahoo.com





# COSTOS OPERACIONALES:

## ¿CONOCE USTED EL COSTO DE CONDUCCION POR KILOMETRO DE SU VEHICULO?

Cuando se hace referencia a un término como COSTOS OPERACIONALES vienen a la mente complejas ecuaciones aritméticas y habilidades contables a las que relacionamos con el desempeño de empresas y/o industrias. De la misma manera, solemos imaginar expertos en ecuaciones matemáticas y administradores de empresas. Al mismo tiempo, nos invade una sensación de alivio porque son situaciones con las que no tenemos que lidiar como parte de nuestro diario vivir (en buena parte de los casos).

Sin embargo, no nos imaginamos que este mismo conjunto de prácticas financieras se puede aplicar de manera muy sencilla a un tema del que con mucha seguridad muy pocos conductores conocemos: el costo de conducción por kilómetro de nuestro vehículo. Al igual que las complejas tareas matemáticas que se desarrollan para resolver costos operacionales empresariales vamos a abordar este tema, pero de una manera muy sencilla y

sin que nos resulte cansado. De tal manera que el tema pueda ser abordado y resuelto por el ciudadano promedio.

En todo caso, el objetivo de este artículo es presentar a Ustedes el tema propuesto de una manera amena, fácil de entender y sobre todo que puedan hacer el ejercicio en casa, de acuerdo con las condiciones particulares de cada uno.

### CONSIDERACIONES INICIALES

Para estandarizar criterios, podemos referirnos a que un conductor en promedio:

- Recorre 20000 kilómetros al año, la mayor parte en el tráfico urbano\*
- Maneja un vehículo de 1800 centímetros cúbicos
- El rendimiento promedio para este tipo de motor es de 35 kilómetros de recorrido por cada galón de combustible
- El motor se alimenta con combustible gasolina

(aplica también para motores diesel)

- Realiza cuatro cambios de aceite del motor por año
- Cambia los neumáticos cada dos años
- Necesitará una reparación mayor del vehículo a los 20000 kilómetros de recorrido

De acuerdo con los datos promedio de movilidad vehicular podemos asumir las siguientes proposiciones:

### COMBUSTIBLE

Costo del galón de gasolina US 2 dólares, consumo específico de combustible 35 km/galón

US dólar 2 galón,

Lo cual determina un costo de:

**0.05 centavos de dólar por km**

### ACEITE LUBRICANTE

160 dolares (40 dolares por cambio x 4 cambios de aceite de motor al año) divididos para un recorrido anual de 20000 kilometros:

**0.008 centavos de dólar por consumo de aceite/km**

### NEUMATICOS

Un juego de neumáticos a un valor promedio de 800 dólares durante 40000 kilómetros de recorrido:

**0.01 centavos de dólar por neumáticos/km**

### APROXIMACION A REPARACION MAYOR

5000 dólares en costos de reparación a los 200000 kilómetros de recorrido:

**0.002 centavos de dólar /kilómetro recorrido**

### CONCLUSIONES

La suma del cálculo de los valores correspondientes a:

Combustible:	0.05 ctvs.
Lubricantes:	0.008 ctvs.
Neumáticos:	0.01 ctvs.
Reparación mayor:	0.002 ctvs.

**Total: 0.07 centavos de dólar por cada kilómetro recorrido**

En caso que quiera aplicar los cálculos a su caso particular, la manera de hacerlo es la siguiente:

COMBUSTIBLE	Costo del galón dividido para 35
LUBRICANTE	Costo total del lubricante por año dividido para 20000
NEUMATICOS	Costo de un juego de neumáticos dividido para 10000
REPARACION MAYOR	5000 dólares dividido para 200000

*Grafico 1: Calculo de costos de operación vehicular (expresados en dólares en este caso)*

Es decir, que la próxima vez que conduzca su vehículo, Usted ya sabe que el costo referencia es de 0.07 centavos de dólar por cada kilómetro que recorra, lo cual le permitirá visualizar un tema del que con seguridad, no era consciente.

*\*Los valores están en función al dólar americano*

AUTOR:

**MARTIN IVAN CEVALLOS GOMEZ**

Profesional del área de mantenimiento,  
Experiencia en las áreas de aeronáutica,  
Plantas de generación eléctrica y petróleos.  
Propietario y Manager de LubriCenter H.A

## GRAN ENCUENTRO DE MANTENEDORES EN URUMAN 2015

*El gran evento de mantenimiento y gestión de activos de Uruguay marca un hito en el sur del continente, al reunir a las más importantes figuras de esta disciplina y ser escenario propicio para la firma de acuerdos y entrega de reconocimientos y certificaciones, convirtiéndose así en la referencia austral de occidente para la gestión de activos.*

La Sociedad Uruguaya de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad, URUMAN, llevó a cabo con rotundo éxito su evento anual Congreso URUMAN 2015, con la amplia participación de los más renombrados exponentes de esta rama de la ingeniería. Como en ocasiones anteriores, URUMAN 2015 contó con el auspicio del Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento, COPIMAN, y de la Asociación de Ingenieros del Uruguay, AIU. Gerentes, profesionales, técnicos, operarios y docentes del ramo participaron en esta onceava edición, que tuvo lugar en el Salón de Actos del LATU, en Montevideo, el pasado mes de noviembre.

El evento abrió con las palabras del intendente de Montevideo, Ing. Daniel Martínez, quien expuso el valor de las buenas prácticas de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad. Según Martínez, las buenas prácticas aplican tanto para la gestión pública como privada, y son imprescindibles para lograr y mantener los niveles de competitividad que se propone Uruguay, en los renglones industriales, ambientales, de seguridad, entre otros.

Para este año, el 11 Congreso URUMAN 2015 puso el foco en uno de los aspectos básicos para el continente latinoamericano en materia de gestión de activos: la necesaria formación en Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad, lo mismo para empresas públicas y privadas. Capacitación Continua como uno de los Pilares del Desarrollo fue el tema central del congreso y el eslogan del evento. Siendo consecuentes con este postulado, el evento fue propicio para celebrar y reconocer los 20 años de aportes continuos del Ing. Lourival Augusto Tavares al desarrollo de la Capacitación en Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad en Uruguay, reconocimiento que tuvo lugar en una sentida ceremonia, a cargo de Santiago Sotuyo, presidente de URUMAN.

Al ser consultado sobre su manifiesta pasión por la enseñanza y la preparación en materia de gestión de activos, el maestro Tavares explicó que este compromiso con la formación es de vieja data, remontándose al año 1975, cuando comenzaron los primeros estudios de Ingeniería de Mantenimiento en Brasil, que derivaron luego en unas pasantías realizadas en varias empresas norteamericanas y canadienses, más

adelantadas en la materia. Con este aval, la Universidad de Río de Janeiro invitó al por aquel entonces joven Ingeniero Tavares a dictar cursos especializados sobre ingeniería de mantenimiento, lo cual a su vez despertó el interés de las empresas del ramo. “Ha sido, sin dudas, un largo camino, cuyos frutos se cosechan ahora en una región que se muestra mucho más comprometida, sabia y experimentada en cuanto a gestión de activos” –comenta Tavares. Agrega que aquellos primeros cursos especializados en la Universidad de Río de Janeiro se convirtieron en serios post grados, cuyas experiencias a su vez han sido ventiladas y expuestas en congresos internacionales. Reconoce el Maestro Tavares que determinar el rumbo a seguir puede ser un poco complejo, tomando en cuenta la rapidez con que actualmente funciona la industria y ritmo vertiginoso de la tecnología. No obstante, con el cambio de la función mantenimiento, que pasa a actuar de forma activa en el proceso de gestión de activos, liderando el proceso en el área técnica e integrando las demás áreas de Gestión de Activos tales como activos financieros, los activos humanos, de información y de imagen; seguramente también habrá fuertes cambios en la forma en que se manejarán estos aspectos. En cuanto al homenaje del cual ha sido objeto por parte de Uruman, el especialista brasileño no duda en afirmar que le produce una gran emoción. “Empezamos aquí, hace 20 años, con la invitación de AIU, para dictar nuestro primer curso porque era muy novedoso. A mitad de camino se crea Uruman, y participar en los 11 congresos que han hecho ha sido siempre un desafío, porque la expectativa es que se traiga algo nuevo. Para este año, hemos traído una presentación que refleja cómo ha impactado la crisis económica en Brasil y sus fuertes reflejos en la función Mantenimiento, y espero que esto genere una seria reflexión sobre lo que pasa en el país, y el impacto de esto en el mantenimiento, puesto que Brasil está muy interconectado económicamente con los países del Cono Sur” –afirmó Lourival Tavares para la cámara de Predictiva21.

## AL MAESTRO, CON CARÍÑO

En este mismo cariz, Santiago Sotuyo, presidente de URUMAN y figura central del congreso, expresó que desde 1995 comenzó el tema de la gestión de activos en Uruguay, con el maestro Tavares a la



Daniel Martínez, Intendente de Montevideo, junto a Santiago Sotuyo.



Santiago Sotuyo y el maestro Lourival Tavares, referencia continental.



Suzy Hitchcock en URUMAN 2015



Gerardo Trujillo, presidente de AMGA.



Lourival Tavares durante su disertación.



cabeza de este movimiento en el país sureño. “Me asignaron como delegado por Uruguay ante el Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento, y es ahí que tengo el placer de conocer al Maestro Lourival Tavares, quien era el presidente de ese momento, y comencé a coordinar con él para que viniera a dar cursos acá en nuestro país. Por eso lo homenajeamos, pues a partir de estos cursos empezó el cambio en Uruguay, empezó el interés de los ingenieros en el mantenimiento como un tema clave. En el sector industrial se trabajaba al 100% la rotura, es decir, trabajar con los equipos hasta que estos quedaran inservibles. No había sistemas de gestión, no se conocía el predictivo, poca gestión, etc. Hoy en día las cosas son muy distintas. En el 2004 Lourival deja la presidencia del Copiman y me nombran a mí, y es ahí cuando proponemos la creación de Urumán, junto a los colegas Mario Albornoz y Mario Tángari (padre). Tomamos como referencia las asociaciones de este tipo que funcionaban en otros países, y organizamos la primera conferencia en el 2004, y el primer congreso en el 2005. Y de ahí hasta acá hemos hecho congresos trayendo profesionales y conferencistas para aportar conocimientos y experiencias” –relata Sotuyo durante uno de los coffee break del congreso. |

Otro punto importante radica en los servicios de Facility Management que están integrados a URUMAN como estructura organizativa. Según Sotuyo, Uruguay ha crecido económicamente en las últimas décadas. Esto se ha traducido en un considerable aumento de la infraestructura y de los activos en general, trayendo con ello la natural necesidad de un adecuado mantenimiento y gestión de activos planificada. Es ahí en donde el Facility Management entra en escena, por lo cual tuvo un renglón importante durante URUMAN 2015, dado que la formación en esta área ha de ser continua.

## PASE DE RELEVO

Otro aspecto importante del evento recayó en la selección de URUMAN como sede de la entrega de la presidencia de COPIMAN, que ostenta actualmente Julio Carvajal, al mexicano Gerardo Trujillo, en un evento que tendrá lugar en el año 2016 y que coincide con el 30 aniversario de la creación del máximo organismo de mantenimiento para Latinoamérica.

Gerardo Trujillo, quien también preside AMGA, asociación homóloga de URUMAN para México, comentó el compromiso que esto implica, tomando en cuenta los nuevos acuerdos firmados por Copiman, así como la demanda que existe en Latinoamérica de seguir fomentando y profundizando la preparación profesional para gestión de activos, las expectativas que giran en torno a la aplicación de la norma ISO 55000 y la conformación de la Red Latinoamericana de Conversatorios sobre Gestión de Activos, cuya propuesta original tuvo lugar en el pasado Congreso Mundial de Mantenimiento acaecido en Cartagena, Colombia.

En otro orden de ideas, Trujillo destacó que URUMAN 2015 ha sido uno de los congresos más interesantes y mejor organizados de los últimos tiempos. En su ponencia abordó el tema de la lubricación y la forma en cómo abordan esto en Noria, así como la importancia del análisis del lubricante. "Podemos conocer la condición de la máquina con el análisis del lubricantes, es una herramienta muy poderosa de diagnóstico para máquinas rotatorias" –destacó el experto mexicano.

## ACUERDOS, ALIANZAS Y MUCHO ISO 55000

Una de las figuras obligadas en el evento fue Terrence O'Hanlon, CEO de Reliabilityweb.com y Uptime Magazzine, quien dictó la conferencia "Certified Reliability Leader (CRL)". En tal sentido, O'Hanlon expuso al público su propuesta, consistente en una guía para orientar y fortalecer el liderazgo y la toma de decisiones en materia de confiabilidad. O'Hanlon también participó en la Mesa Redonda "Liderazgo para la Confiabilidad", además de dictar una segunda conferencia sobre la norma ISO 55000. Por su parte, Ricardo Pauro estableció los aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de superar la etapa del Mantenimiento para llegar a la de Gestión de Activos.

También se firmaron acuerdos importantes, entre estos el acuerdo de cooperación con la Asociación de Tecnólogos Mecánicos del Uruguay (ATMU), el cual establece, entre otros beneficios para ambas partes, el acceso en iguales condiciones a conferencias, programas educativos, y reuniones generales organizadas por cualquiera de las dos organizaciones; acceso a una copia gratuita de las publicaciones periódicas de la otra parte; así como la colaboración, difusión y facilidad de acceso mutuos a actividades de capacitación.

Vale destacar así mismo el acuerdo firmado entre URUMAN y el ICML, International Council for Machinery Lubrication, representados por Santiago Sotuyo y Suzy Hitchcock respectivamente. La firma de este convenio supone tanto proyectos de cooperación conjunta como el reconocimiento mutuo de largos años de fructífera labor en el área de la gestión de activos. El convenio permitirá incluir el logo de URUMAN junto al de ICML en todos los procesos de certificación que emprendan ambas organizaciones, entre otros aspectos.

Finalmente, fue propicia la ocasión para elegir a las nuevas autoridades de URUMAN para el período Noviembre 2015-Noviembre 2017, ocupando nuevamente la presidencia Santiago Sotuyo, el Prof. Lourival Tavares socio honorario de URUMAN, Eduardo Jorge Yori Souza con vicepresidente y Marcelo Fabián Gularte Gutiérrez como secretario. El 11 Congreso URUMAN 2015 contó con el apoyo institucional de AAT, Asociación Argentina de Tribología; Abraman, AMGA, Argeman, Cámara de Industriales de Uruguay, ICML, AIQU, UPADI-COPIMAN, SLFM y Ministerio de Industria, Energía y Minería, poniendo de manifiesto una vez más la importancia y la pasión que conceden a la gestión de activos.

*Redacción: Alimey Díaz M*

*Corresponsalía y fotos: Miguel Guzmán*

# ENTENDIENDO LA BIOCORROSIÓN

La corrosión es un proceso destructivo en lo que a ingeniería se refiere, y representa una enorme pérdida económica. El concepto más aceptado y acertado define el fenómeno de la corrosión como el ataque de un material por el medio que le rodea con la consiguiente pérdida de masa y deterioro de sus propiedades. Al considerar esta definición, lo primero que se piensa es la destrucción del metal bajo la influencia de oxígeno y agua (corrosión aeróbica). Sin embargo, una gran parte de los daños y perjuicios ocasionados por la corrosión ocurren en ausencia de oxígeno (corrosión anaeróbica), tal es el caso del área inferior de tanques de almacenamiento de hidrocarburos o de otros sistemas donde se encuentre agua estancada o con un patrón de flujo laminar.

Es condición fundamental para que se logre el fenómeno de corrosión (oxidación del metal) que debe estar presente algún otro compuesto químico para que se lleve a cabo el proceso de reducción. En la mayoría de los entornos, las sustancias que se reducen son el oxígeno disuelto o los iones de hidrógeno del ácido. En condiciones anaeróbicas o anóxicas (sin oxígeno o aire presente), algunas bacterias (bacterias anaeróbicas) pueden prosperar y en este entorno esos microorganismos pueden proporcionar los compuestos químicos que se reducen y permiten que se produzca la oxidación del hierro para obtener las reacciones de corrosión.

La biocorrosión, también conocida como

corrosión microbiana y más específicamente llamada corrosión influida microbiológicamente o MIC (por sus siglas en Inglés, Microbiologically Influenced Corrosion) se puede definir como "un proceso electroquímico que produce el deterioro de un material metálico donde se encuentran involucrados microorganismos (bacterias, hongos o algas) ya sea iniciando, facilitando o acelerando el proceso de ataque corrosivo".

## MICROORGANISMOS Y FACTORES QUE FAVORECEN LA BIOCORROSIÓN

Los microorganismos anaeróbicos provocan un incremento de hasta 10 veces en la velocidad de corrosión por la producción del  $H_2S$  y la liberación de enzimas específicas (principalmente "hidrogenasa"). Se han identificado algunas especies de microorganismos clasificados como «Hidrógeno-dependientes» que usan el hidrógeno disuelto del agua en sus procesos metabólicos provocando una diferencia de potencial del medio circundante.

En los procesos de biocorrosión participan microorganismos aeróbicos y anaeróbicos que pueden crecer cambiando sus subprocesos metabólicos y cada especie genera sustancias de diferentes características químicas. Cada variedad de bacterias es responsable de causar una reacción que influye en el proceso de

corrosión debido a la naturaleza de la sustancia que produce, estas reacciones son de naturaleza anódicas y/o catódicas debido a que se forman celdas electroquímicas.

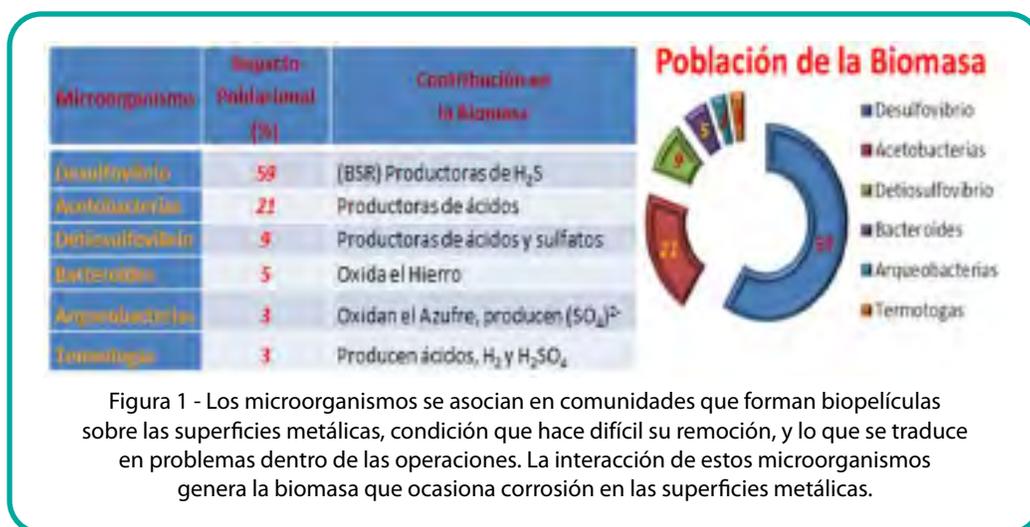
Entre los factores que afectan la agresividad de las bacterias corrosivas están:

- Tipo de flujo
- El tratamiento químico del sistema
- Concentración de oxígeno
- Temperatura

- Concentraciones de carbono orgánico total
- Concentraciones de nitrógeno
- Concentración de amoníaco
- pH

Existen cuatro clases principales de bacterias implicadas en la biocorrosión:

- Sulfatorreductoras
- Productoras de ácido
- Depositadoras de metales
- Formadoras de exopolímeros (gel)



## CONDICIONES QUE PROPICIAN LA BIOCORROSIÓN

Tienen que estar presentes varios factores determinantes para un diagnóstico de MIC:

- Estancamiento del fluido o patrón de flujo laminar para favorecer la formación de depósitos y áreas anaeróbicas.
- Rango de pH entre 4,5-9,0.
- Temperatura entre 20-50 °C (si existiera la posibilidad de microorganismos termófilos, la temperatura podría estar alrededor de los 80 °C)
- Presencia de nutrientes esenciales para su desarrollo: agua, nitrógeno, carbono, niveles de iones específicos como sulfatos y férricos.
- Presencia de otros organismos que favorecen a través de sus actividades metabólicas la

producción de sustancias que intervienen en la biomasa.

De acuerdo con las características fisicoquímicas del medio, se debe verificar el origen biológico del problema, confirmando la presencia de los microorganismos, principalmente en los depósitos y la fase acuosa, aislar e identificar las especies microbianas presentes y verificar las características del ataque, ya que la biocorrosión no precisamente se da por microorganismos en ambientes sumergidos, también organismos más desarrollados como los vertebrados e invertebrados producen el fenómeno de biocorrosión por el amoníaco de sus excrementos en contacto con aleaciones de cobre y zinc.

La mayoría de los ataques por MIC toman la forma de picadura que se forman debajo de las colonias de microorganismos que viven de la materia orgánica, la mineral y los biodepositos que forman una biopelícula, la cual crea un entorno de protección a la comunidad de microorganismos, donde las condiciones pueden llegar a ser muy agresivas, lo cual acelera la velocidad de corrosión.

Los microorganismos se asocian en comunidades que forman biopelículas sobre las superficies metálicas, condición que hace difícil su remoción, lo que se traduce en problemas dentro de los sistemas industriales. Esta biopelícula permite que los productos químicos corrosivos se concentren quedando encapsulados, aun cuando fuera de este encapsulamiento el ambiente no sea corrosivo. Grandes cantidades de biopelículas pasaría a llamarse biomasa. Así, se tiene ese punto donde las condiciones son muy agresivas al material y se caracteriza por generar puntos o picaduras localizadas en la superficie interna de los equipos y superficies metálicas en general.

Debido a que se trata de una comunidad en la que los compuestos generados por algunas especies sirven de sustento a otras, por ello se encuentran diversas fuentes de energía. Como fuentes de energía se encuentran en estos ambientes los compuestos de maleato, formiato y alcoholes como metanol, etanol, propanol y butanol, que la actividad microbiana de algunas especies los oxida hasta acetato como producto final y excretan ácido graso, estos ácidos grasos de cadenas cortas también sirven de fuente de energía a las Bacterias Sulfato Reductoras (BSR), que metabolizan además los compuestos de sulfatos y son transformados en sulfuros.

### FORMACIÓN DE LA BIOMASA

El bioensuciamiento (biofouling dicho en inglés técnico) es una mezcla de compuestos producidos por las actividades metabólicas de la diversidad de microorganismos presentes en

un sistema. Se definen como comunidades complejas de microorganismos que crecen en una matriz orgánica polimérica autoproducida y adherida a una superficie viva o inerte, y que pueden presentar una única especie microbiana o varias especies diferentes. En esta mezcla se pueden encontrar microorganismos y macroorganismos, también se incluyen productos de corrosión, partículas inorgánicas; todo esto es propicio para la formación de un punto de anclaje donde van a convivir los microorganismos, y justo en estas condiciones empiezan a interactuar los responsables de la elaboración de la masa gelatinosa denominada biopelícula.

La biopelícula la conforman bacterias que hacen vida y se desarrollan en un lugar fijo (sésiles) bajo una matriz orgánica de polímeros extracelulares producidas por los mismos organismos, genéricamente denominada sustancia extracelular polimérica (EPS, "Extracellular Polymeric Substances"). Esta comunidad especializada y heterogénea de microorganismos que está estructurada de tal forma que originan nichos fisiológicos específicos, se ubica en el sustrato y está confinado dentro de una matriz polimérica extracelular de desarrollo propio que es altamente resistente a las perturbaciones del medio ambiente.

Estas múltiples capacidades metabólicas permiten el establecimiento de microorganismos pioneros y el desarrollo posterior de los demás gremios metabólicos, al conseguirse estas condiciones el sistema microbiano en equilibrio dinámico puede inducir corrosión [3]. Casi todas las especies de microorganismos (tales como microalgas, bacterias, arqueas, hongos, etc.) son capaces de formar biopelícula a través de la adherencia a las superficies y sinérgica entre sí. Entender la biopelícula y mitigar sus efectos adversos es crítico para una amplia gama de usos en los límites de la prevención de corrosión. Debido a que las biopelículas no están conformadas por organismos de una sola especie ocurre el



### ADSORCIÓN Y FIJACIÓN

La adhesión de los microorganismos a un sustrato puede ser activa (por flagelos, pili, adhesinas) o pasiva (por gravedad, difusión y dinámica de fluidos). En cuestión de minutos las bacterias libres que encuentran la superficie acondicionada forman con ella una unión; si esta unión se mantiene suficiente tiempo, aparecen nuevas estructuras químicas y físicas que la harán permanente e irreversible. El subsecuente desarrollo dependerá de la densidad de población o la precariedad de nutrientes. Estos microorganismos se encuentran ampliamente distribuidos en ambientes anóxicos tanto acuáticos como terrestres. La formación de biopelículas es una estrategia adaptativa de los microorganismos, ofreciéndoles cuatro ventajas importantes:

- Protege a los microorganismos de la acción de los agentes adversos.
- Incrementa la disponibilidad de nutrientes para su crecimiento.
- Facilita el aprovechamiento del agua, reduciendo la posibilidad de deshidratación.
- Posibilita la transferencia de material genético (ADN).

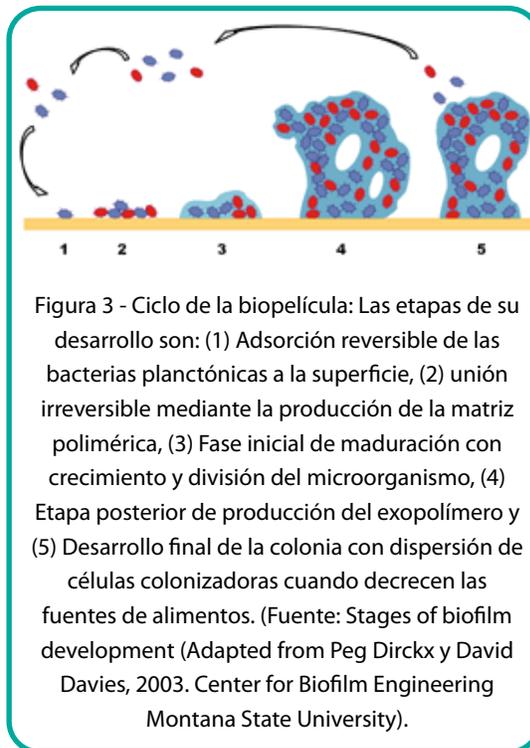
Todas estas circunstancias pueden incrementar sus capacidades de supervivencia.

### ACONDICIONAMIENTO DE LA SUPERFICIE PARA LA FORMACIÓN DE BIOMASA

Las bacterias son capaces de desarrollar biopelículas sobre muchas superficies bióticas y abióticas. La capacidad de unirse a diversos plásticos, cristales y metales, depende de las proteínas específicas en su cubierta y de los apéndices motrices.

Los estudios demuestran que el acero inoxidable, puede ser tan susceptible como el plástico. La acción del aire o de la humedad sobre el acero inoxidable, poco a poco crea una

capa de óxido de cromo, sobre el que se pega la suciedad orgánica. Así se preconditiona el sustrato para la adhesión de las bacterias. La biopelícula puede desarrollarse sobre casi cualquier tipo de superficie, gracias a que previamente entra en contacto la materia orgánica presente en el agua.



### MICROORGANISMOS INVOLUCRADOS EN EL PROCESO DE LA BIORCORSIÓN (INTERACCIÓN BIOLÓGICA)

Numerosos estudios se han dedicado a la cuantificación y caracterización de las poblaciones de los microorganismos que conforman la comunidad responsable de desarrollar ataques por biocorrosión, estos estudios clasifican los diferentes grupos metabólicos, es decir que se clasifica de acuerdo al compuesto químico que producen por su actividad metabólica; de acuerdo a la función ejercida en la biomasa. De este modo nos centraremos en cuatro grupos. Éstos son los más comunes y a su vez los que generan mayor cantidad de depósitos:

• **Bacterias Sulfato Reductoras (BSR) y Bacterias Productoras de Ácido (BPA):** Son el grupo de las bacterias que en sus actividades metabólicas producen compuestos ácidos. Las BSR pueden llegar a generar precipitaciones de sulfuros. Son bacterias anaeróbicas. Las BSR y las BPA pueden coexistir en las biopelículas, usualmente en consorcios capaces de afectar los procesos metabólicos, ya que los ácidos orgánicos generados por las BPA proporcionan parte de la fuente de energía y también los electrones para el metabolismo energético y actúan como fuente de carbono y energía para las BSR. Ambas especies contribuyen a la tuberculación (formación de depósitos de naturaleza catódica conformados por sales inorgánicas y compuestos orgánicos, incrustaciones y herrumbre) y son responsables directo de la corrosión galvánica en sistemas de donde se implican procesos con agua.

• **Ferrobacterias:** Son capaces de desarrollar depósitos de hierro (hematites, goethita) como producto de su actividad metabólica. Utilizan el hierro para su metabolismo o para formar depósitos extracelulares asociados a la pared celular (vainas, filamentos, tallos). En general son bacterias de naturaleza aeróbicas.

• **Bacterias Formadoras de Gel:** En este grupo se incluyen una variedad de microorganismos que tienen en común el producir exopolímeros formados fundamentalmente por polisacáridos, que se adhieren a los sustratos. Causan ensuciamiento y produce condiciones adecuadas para el desarrollo de las bacterias corrosivas anaeróbicas.

Los microorganismos pueden influir en la corrosión por efectos tales como celdas de aireación diferencial, la producción de compuestos corrosivos, tales como minerales y ácidos orgánicos, amoníaco, y la reducción del sulfato a sulfuro.

Las bacterias actúan como un consorcio y dan como resultado la corrosión de los materiales con sus interacciones, que suelen ser de naturaleza compleja. Tal es el grado de su nivel

de adaptación que existen bacterias anaeróbicas facultativas que se pueden adaptar tanto a sistemas aireados como a sistemas carentes de oxígeno; las bacterias facultativas tienen mayor ventaja sobre una no facultativa por su capacidad de adaptación a diferentes ambientes.

## ALGAS

Debido a que no se encuentran en los yacimientos, en la industria del Petróleo y Gas Natural tienen influencia en los sistemas donde se utiliza agua de la superficie para los sistemas de enfriamiento. Por lo general se encuentran en el distribuidor de agua de las torres de enfriamiento y superficies húmedas expuestas al aire y sol. Causan problemas y restricciones de flujo de agua cuando hay un gran crecimiento de su población y al desprenderse e ingresar a la piscina de la torre de donde puede pasar al sistema de recirculación. Estos crecimientos pueden actuar como nutrientes para las bacterias formadoras de gel, las cuáles se desarrollan en este ambiente.

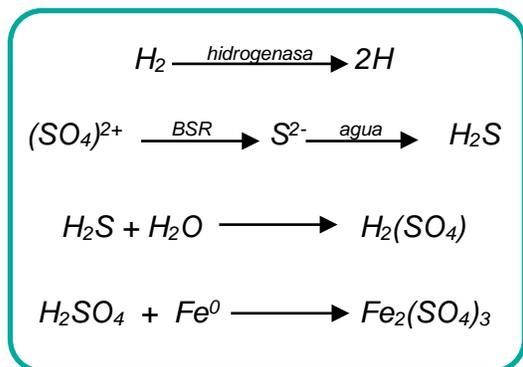
## MICROORGANISMOS INVOLUCRADOS EN EL PROCESO DE LA BIOCORROSION (ACTIVIDAD QUIMICA)

### **Bacterias Sulfato Reductoras (BSR)**

Son los microorganismos a los que se les atribuye ser los principales responsables de la corrosión anaeróbica, del acero en tanques de hidrocarburos y otros componentes industriales, que están en contacto con agua y materiales orgánicos. Eventualmente la biocorrosión anaeróbica es la causa de una tasa de oxidación mayor a 10 veces en comparación con la corrosión atmosférica.

Las BSR secretan la enzima hidrogenasa, cuya finalidad es catalizar la reacción de transformar el hidrógeno gaseoso en hidrógeno elemental. Pero la acción más significativa de estas bacterias es convertir los sulfatos en sulfuros,

que a su vez, en presencia de agua, se transforman en ácido sulfhídrico para luego convertirse en ácido sulfúrico que reacciona con el hierro elemental del acero de las aleaciones y dar como resultado el tubérculo de herrumbre de sulfato ferroso  $[Fe_2(SO_4)_3]$ , adcionado a este compuesto también se encuentran los diferentes óxidos e hidróxidos ferrosos que tienen un comportamiento catódico y son los precursores de otras reacciones fisicoquímicas que destruyen hasta el acero de más alta calidad. Resultando en corrosión por picadura que avanza rápidamente. Este fenómeno afecta incluso a sustratos como el concreto armado que son severamente dañados.

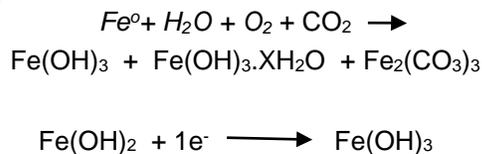


Esta reacción hace que se despolarice el cátodo acelerando la corrosión.

### FERROBACTERIAS

Son aeróbicos pero pueden encontrarse en sistemas con menos de 0,5 ppm de oxígeno, donde a menudo contribuyen a la formación de lodos. Obtienen la energía necesaria para su síntesis a partir de la transformación de las sales ferrosas en sales férricas. En las superficies de metal ferroso y en un punto de la superficie no protegida, o alterada, la cual se encuentra en contacto con el agua, siempre ocurre un ataque del metal que da lugar a la formación de hidróxido ferroso  $[Fe(OH)_2]$ , en esos sustratos metálicos, rápidamente se transforman en hidróxido férrico hidratado  $[Fe(OH)_3 \cdot XH_2O]$ , y en carbonato férrico  $[Fe_2(CO_3)_3]$ , gracias al oxígeno ( $O_2$ ) y el gas carbónico disueltos ( $CO_2$ ),

causando condiciones anaeróbicas debajo de los depósitos.



En un segundo mecanismo, las ferrobacterias en áreas de baja concentración de oxígeno, convierten el ion ferroso ( $Fe^{2+}$ ) a ion férrico ( $Fe^{3+}$ ), el cual se precipita como hidróxido férrico cubriendo las superficies del metal y produciendo celdas de aireación diferencial.



La presencia de ferrobacterias en el punto en el que el metal ha sufrido el ataque, va a ocasionar la movilización de los iones ferrosos y su transformación en sales férricas. Esto se produce con rapidez, observándose la formación de densa masa de herrumbre conteniendo los cuerpos bacterianos, a esa forma sigue la disolución ininterrumpida del metal.

### BACTERIAS FORMADORAS DE GEL

Se caracterizan por producir masas gelatinosas floculantes, mucoides. Causan ensuciamiento, producen gas y crean las condiciones adecuadas para el desarrollo de las colonias bacterianas que inducen la biocorrosión. Las capas de biomasa contribuyen a la corrosión de manera tanto activa como pasiva. En primer lugar, ya que las formadoras de gel son aeróbicas, consumen oxígeno, y así estimulan la formación de celdas de oxígenos diferenciales. Así mismo, forman una masa de oclusión (cambia la conducción de calor, influyen en el flujo o ambos), contribuyendo también a la formación de celdas de oxígeno diferenciales y al ataque pasivo.

## **Opciones para mitigar el fenómeno de Biocorrosión**

### **1. Protección de las Superficies**

Hay pocas empresas especializadas en revestimientos donde se puede leer de investigaciones y desarrollo de revestimientos internos de alta resistencia y que además tenga efectividad en la biocorrosión, sin embargo, en Alemania se están desarrollando investigaciones con polímeros en formulaciones para revestimientos a ser aplicados internamente en plantas de biogás y para tanques de almacenamiento de crudo y otros hidrocarburos. La funcionalidad única de estos sistemas de revestimientos es proporcionar una protección a largo plazo contra la MIC. Como proyecto personal considero factible desarrollar formulaciones con cristales químicamente especiales de biocida integrados en una matriz de polímero, que impida el crecimiento de las colonias dentro de las rupturas que se puedan producir en el revestimiento.

### **2. Control de microorganismos**

Primero que todo se debe evitar a toda costa la formación de grandes extensiones de biomasa, debido a las consecuencias que se generan por las altas concentraciones del gas H<sub>2</sub>S que pueden estar encapsuladas y la fragilidad de esta estructura que puede liberar esta gas.

a) La primera y más importante de estas consecuencias es el factor humano. (El Instituto de Salud y Seguridad Ocupacional de Estados Unidos (NIOSH) es una agencia de gobierno federal de ese país que tiene un mandato para dar información sobre los niveles seguros de exposición a compuestos químicos en el área de trabajo. NIOSH ha recomendado una concentración "techo" de 10 partes por millón para el nivel de exposición al H<sub>2</sub>S en aire. La especificación de concentración techo significa que nunca debería excederse este nivel de exposición. El olfato humano pierde el rastro del H<sub>2</sub>S cuando las concentraciones son inferiores al nivel de peligrosidad, de manera que las

personas pueden tener poca alerta de la presencia del gas en concentraciones dañinas. Grandes concentraciones pueden provocar parálisis del centro respiratorio, causando paro respiratorio, que puede conducir a la muerte.

b) Debido a que el H<sub>2</sub>S es un compuesto altamente reactivo, hay que tener en consideración que los compuestos presentes en las formulaciones de los biocidas al entrar en contacto con este gas serán descompuestos y se formarán productos que no tendrán efectos biocida en los microorganismos, por lo tanto la presencia de H<sub>2</sub>S anula a todos los biocidas, para ello se recomienda tener a mano productos químicos formulados específicamente para interactuar con el H<sub>2</sub>S (secuestrantes de H<sub>2</sub>S) y una vez anulado su efecto hacer uso del producto biocida.

c) Tal como sucede con los antibióticos en el cuerpo humano en presencia de algunos virus, microbios y bacterias, los microorganismos de la biocorrosión también pueden llegar a crear defensas contra los productos químicos, por lo tanto lo ideal es intercambiar los productos biocidas en los tratamientos.

d) La biomasa está diseñada para no dejar pasar compuestos que afecten al condominio bacterial, esto hace difícil el control bacterial si no se remueve la capa gelatinosa y las incrustaciones donde se alojan las bacterias. Los biocidas no pueden matar las bacterias a menos que entren en contacto con ellas.

### **3. Medidas Preventivas**

La utilización de biocidas y métodos de limpieza mecánica puede reducir los ataques de MIC, pero el control microbiológico se fundamenta en metodologías clásicas y convencionales de Microbiología, lo que ofrece un marco limitado de resultados en cuanto a la cuantificación y caracterización de la comunidad de microorganismos que inducen al proceso de

## ARTICULO TÉCNICO

corrosión. Además de la utilización de aleaciones resistentes a la corrosión, el control de la MIC implica el uso de biocidas y métodos de limpieza que eliminen los depósitos de las superficies metálicas. Las bacterias son muy pequeñas, y con frecuencia es muy difícil conseguir un sistema de metal lo suficientemente lisa y limpia para evitar los ataques por MIC.

Para tener un mejor control de sus sistemas las acciones a aplicar son básicamente las siguientes:

- Analizar con exactitud posibilidades de contaminación.
- Proveer para controlar el medio químico.
- Inhibir o proveer adición de germicidas.
- Propiciar ambiente no agresivo o asegurar la remoción controlada de nutrientes de microbios.
- Seleccionar materiales de resistencia adecuada.
- Seleccionar materiales de recubrimiento, preferiblemente la nueva generación formulada con biocidas.
- Usar la protección catódica.
- Accesibilidad para limpieza frecuente.
- Preparar presentaciones, informes y publicaciones de alta calidad, robusto y datos significativos de su sistema industrial.
- Se debe realizar un monitoreo constante para tener una mejor aplicación de biocida y/o eficiencia de la operación mediante la determinación de cómo el tratamiento afecta a la población microbiana específica.
- La operación de limpieza es fundamental antes de iniciar la aplicación de un biocida. Esto incluye limpieza de líneas, retrolavado de equipos, remoción de depósitos del fondo de tanques, etc. El procedimiento más fácil de limpieza consiste en utilizar biocidas con propiedades detergentes.

AUTOR:

**José Rafael López Farrera.**

Licenciado en Química (UCV-1994)

Especialista en Corrosión y Protección de Materiales Metálicos (UNEXPO-2008)

Departamento de Ingeniería de Corrosión y Materiales PDVSA.





E&M Solutions, C.A.  
www.eymsolutions.com

@eymsolutions

E&M Solutions, C.A.

+58 291-643-7055



## Soluciones Efectivas para la Gestión de Activos

Ofrecemos soluciones especializadas en ingeniería y gestión de activos para el área petrolera, gasífera, petroquímica, siderúrgica y generación de energía.

### Nuestras líneas de negocios:

- Ingeniería y Construcción
- Mantenimiento y Confiabilidad
- Servicios Profesionales

Contacta a E&M Solutions, C.A.

**Respaldo Profesional para la Confiabilidad Industrial**

# Análisis Costo Riesgo Beneficio para la Selección de Conductores de una Planta de Generación Eléctrica

## INTRODUCCIÓN.

Con la finalidad de mejorar la rentabilidad de los procesos productivos, cada día se dedican enormes esfuerzos destinados a visualizar, identificar, analizar, implantar y ejecutar actividades para la solución de problemas y toma de decisiones efectivas y acertadas, que involucren un alto impacto en las áreas de: seguridad, higiene, ambiente, metas de producción, costos de operación y mantenimiento, así como garantizar una buena imagen de la empresa y la satisfacción de sus clientes y del personal que en ella labora.

La toma de decisiones, con el pasar del tiempo y considerando las condiciones económicas cambiantes a nivel mundial, se hace más crucial en cuanto hacia donde dirigir los recursos de la manera mas óptima y rentable, generalmente bajo ambientes de gran incertidumbre.

El Análisis Costo Riesgo Beneficio, conocido como ACRB por sus siglas en español, se ha convertido en una herramienta muy útil para tomar decisiones en cuanto a escenarios de inversión, operación o desincorporación de activos, fundamentado en el hecho que nos permite conocer cuando obtenemos por lo que gastamos.

El presente trabajo tiene como finalidad presentar un caso de estudio de la Metodología

Análisis Costo Riesgo Beneficio aplicada a un portafolio de opciones para los equipos impulsores de una Planta de Generación Eléctrica.

Es importante mencionar que previo a la aplicación de dicha metodología se evaluaron las opciones técnicamente factibles para la selección de los impulsores de los equipos de generación eléctrica.

## MARCO CONCEPTUAL.

### HORIZONTE ECONÓMICO:

El horizonte económico de un proyecto se refiere al período de vida útil del mismo; es decir, el período de tiempo que un proyecto, activo o ítem agrega valor a la cadena productiva por el cumplimiento de sus funciones.

Como consecuencia el horizonte económico comprende todas las etapas en la vida de un proyecto, desde su inversión inicial, pasando por el período de operación hasta su desincorporación.

### DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA PROYECTADO:

Consiste en un modelo grafico que se utiliza para representar los ingresos y desembolsos de dinero que se esperan a lo largo del horizonte

económico establecido.

La Figura 1 muestra un diagrama de “perfiles de ingresos y egresos”, y en la misma se observan diversos perfiles de egresos asociadas a diversos conceptos tales como inversión inicial, costos de operación, impuestos, egresos por fallas o eventos no deseados y costos de desincorporación. Adicionalmente se observa el perfil de ingresos, que complementa el diagrama de perfiles.

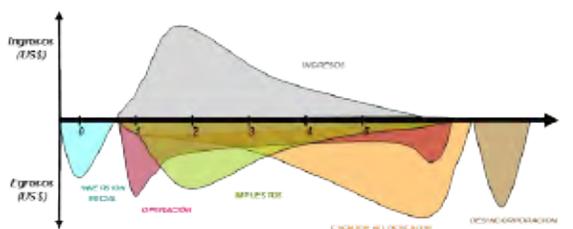


Figura 1.- Diagrama de Flujo de Caja Proyectado.

#### TASA DE DESCUENTO:

Es aquella que permite estimar el valor presente neto de un activo a través de los flujos de caja esperados, convirtiéndose en la tasa que representa el valor al cual un inversionista está dispuesto a arriesgar su capital. La tasa de descuento es diferente y particular para cada inversionista, dependiendo de sus expectativas, las características de la empresa, el riesgo asociado a cada inversión, etc.

Actualmente, en el mercado existen diversos modelos para determinar la tasa de descuento, entre los cuales se encuentran el modelo de Fijación de Capital de Activos y el modelo del Promedio Ponderado del Costo de Capital, conocidos por sus acrónimos en inglés CAPM (Capital Asset Pricing Model) y WACC (Weighted Average Cost of Capital) respectivamente.

#### INDICADORES FINANCIEROS:

Los indicadores financieros son figuras de mérito que permitan calificar las diferentes opciones de utilización de los recursos según su bondad; en otras palabras, estos indicadores ofrecen información estandarizada y fácilmente interpretable acerca de la conveniencia o viabilidad de cada una de las opciones

evaluadas y en consecuencia, nos permiten compararlas.

Existen múltiples indicadores financieros ampliamente utilizados; algunos de los cuales no consideran el valor del dinero en el tiempo y se conocen como indicadores estáticos y otros que si lo hacen y se conocen como indicadores dinámicos. El tema de los indicadores financieros es muy amplio, sin embargo; por razones didácticas, en esta sección nos centraremos en un indicador dinámico de amplia utilización conocido como Valor Presente Neto (VPN).

#### EVALUACIONES FINANCIERAS Y ANÁLISIS DE RIESGO:

En aquellos casos donde exista una incertidumbre significativa en las variables de entrada al cálculo de indicadores financieros y en consecuencia deban representarse con distribuciones de probabilidad, es muy importante utilizar Análisis de Riesgo basado en Simulación de Montecarlo en el marco de Evaluaciones Financieras. Por ejemplo cuando las variables de entrada para el cálculo del VPN son aleatorias, se requiere efectuar múltiples iteraciones para obtener un estimado confiable del valor esperado del VPN; de esta forma puede obtenerse la distribución de probabilidad completa del VPN que permite inferir el riesgo de la opción analizada, basándonos en la dispersión de la citada distribución, obtener intervalos de confianza del VPN y calcular la probabilidad de que el  $VPN < 0$ . Este enfoque tiene la ventaja de permitir realizar análisis de la sensibilidad del VPN a las variables de entrada, lo que nos conducirá seguramente a identificar las variables ofensoras del VPN y al establecimiento de acciones para mitigar el riesgo de la opción analizada.

#### ANÁLISIS RAM:

El Análisis RAM (Reliability, Availability and Maintainability) o Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, permite pronosticar la producción que pudiera perderse y la indisponibilidad de un proceso de

producción, mediante un estudio de diagnóstico que busca caracterizar el estado actual de un equipo, sistema o proceso y predecir su comportamiento para un periodo determinado de tiempo.

El análisis RAM se sustenta en un modelo de simulación que toma en cuenta: la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos; la configuración del sistema; las fallas aleatorias y sus reparaciones; las pérdidas de capacidad por degradación y la probabilidad de ocurrencia de eventos simultáneos en diferentes elementos del sistema.

El pilar fundamental de este análisis es la "construcción" de los TPEF (Tiempos promedios entre la falla) y TPPR (Tiempos promedios para reparar) (términos desarrollados en el Capítulo II, Sección 4 del TOMO I de la presente obra) para los diversos componentes, con base en información proveniente de bases de datos propias, bancos de datos genéricos de la industria y opinión de expertos.

Una vez construido, el modelo RAM trabaja como un simulador "Qué pasa si..." (what if ...), que permite inferir el impacto que tienen en la disponibilidad y producción diferida del sistema: nuevas políticas de mantenimiento, cambios en la mantenibilidad de los equipos, aplicación de nuevas tecnologías, cambios en la

configuración de los equipos dentro de los procesos de producción, cambios en la política de inventarios e implantación de nuevos métodos de producción.

### VALOR PRESENTE NETO PROBABILÍSTICO:

El valor presente neto (VPN) es un indicador financiero y consiste en saber cuánto se va a obtener de una inversión, si se pudiese hacer en el presente todos los ingresos y egresos de forma instantánea. Se utiliza el VPN para determinar si una inversión es conveniente o no.

El modelo utilizado para calcular este indicador permite cuantificar el impacto de la incertidumbre asociada a cada una de las variables de entradas (Ingresos, Egresos, Inversión Inicial) dentro del modelo matemático, obteniendo una distribución probabilística para el indicador Valor Presente Neto. En la Figura 2 se esquematiza el modelo para el cálculo basado en Simulación de Montecarlo.

El factor de Rentabilidad mostrado se define como el valor medio o esperado de la distribución de probabilidad del VPN.

El factor de riesgo se define como el área de la curva por debajo de la cual se obtiene VPN=0 (si es cero indica que sólo se ha recuperado la inversión inicial).

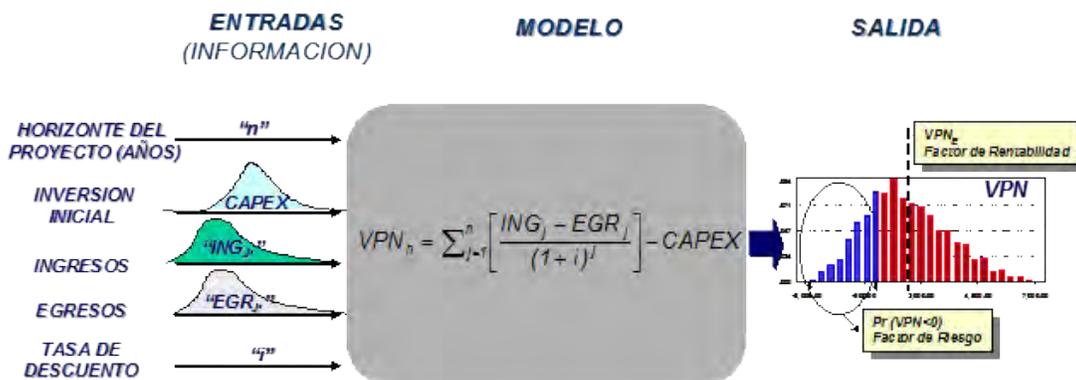


Figura 2.- Modelo Probabilístico para Calcular el VPN.

## METODOLOGÍA “ANÁLISIS COSTO RIESGO BENEFICIO”.

El Standard Norzok Z-013 define la Metodología Costo Riesgo Beneficio como una “comparación cuantitativa costo – beneficio que busca verificar si las consecuencias o pérdidas por un evento posible (tomando en cuenta posibles pérdidas de producción, costos de reparación e impactos en seguridad, higiene y ambiente) excedan los costos de realizar una tarea de mitigación para evitar dicho evento, evaluados ambos desde la perspectiva del ciclo de vida.”

Existen diversas formas para llevar a cabo el Análisis Costo-Riesgo-Beneficio en función de la información disponible y de la forma como se analicen dichos datos. Una forma práctica y sencilla de comprender los pasos necesarios para aplicar la metodología, se muestra en el flujograma de la Figura 3.

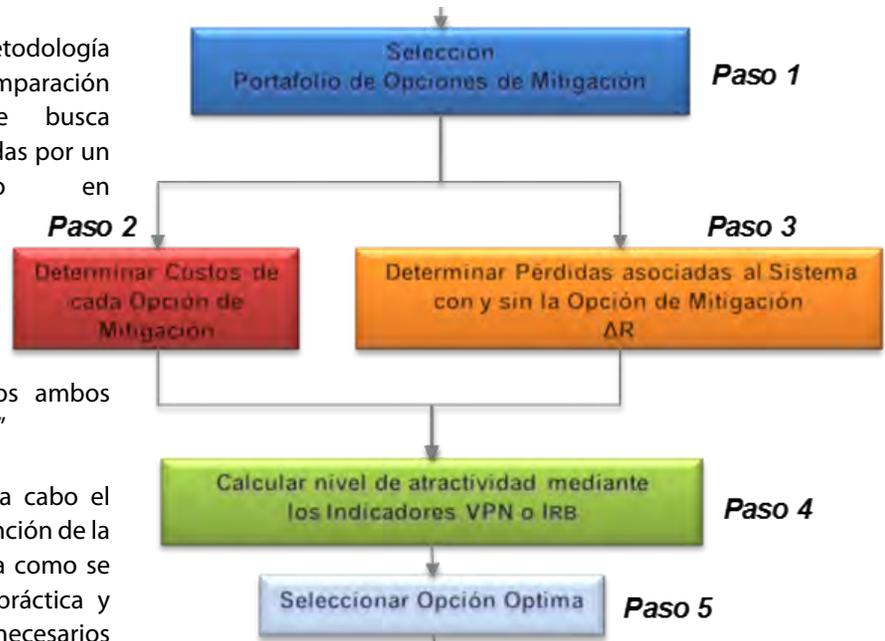


Figura 3.- Modelo Análisis Costo Riesgo Beneficio.

### PASO 1. ESTABLECER EL PORTAFOLIO DE OPCIONES.

Se tiene prevista la Instalación de una Planta Eléctrica con una Capacidad Inicial de 8866.9 KW para la primera fase del Proyecto, la cual entrara en operación a principios del año 2016 y en una segunda fase de ampliación se requiere llegar a una capacidad de 17357.3 KW para el año 2017, esta potencia fue definida con base a los requerimientos de consumo eléctrico de la Población en la zona donde será instalada dicha planta. Adicionalmente, se exige cumplir con un objetivo mínimo de Disponibilidad del 95% para cubrir la demanda de energía.

Para la instalación de la Planta Eléctrica se requiere seleccionar el mejor modelo de Equipo Conductor para los Generadores Eléctricos a ser instalados.

De este modo, el grupo de Ingenieros de Equipos Rotativos de la organización encargada

del proyecto, ha preseleccionando tres posibles alternativas con los datos técnicos necesarios tal como se refleja en la tabla anexa:

	Turbina Modelo A	Turbina Modelo B	Motores Diesel
Potencia en KW/año	5,147.00	10,618.00	3,000.00
Potencia en KW/día	14.10	29.09	8.22
Potencia en KW/Hora	0.59	1.21	0.34

Tabla 1.- Portafolio de Opciones Conductores.

Se debe seleccionar la mejor opción para los conductores de la Planta de Generación Eléctrica para un horizonte económico de 20 años.

## PASO 2. DETERMINAR LOS COSTOS DE CADA OPCIÓN DE MITIGACIÓN.

Para el caso de estudio se ha decidió estimar el nivel de atractividad de las opciones mediante el indicador financiero VPN; ya que este permite no sólo determinar la rentabilidad del proyecto; sino a su vez, establecer el Factor de Riesgo de cada opción, lo que genera una decisión más asertiva.

De tal modo, para determinar los costos de cada opción de mitigación según la figura No.1, se deberían establecer las curvas de la inversión inicial, los costos operativos, los impuestos y los costos de desincorporación.

### COSTOS DE INVERSIÓN INICIAL.

Se ha obtenido información de los proveedores de los conductores sobre los costos de dichos equipos según la opinión de expertos, tal como se muestra en la tabla No. 2.

Tabla 2.- Costos de los Conductores.

	Costo del Equipo (\$)		
	Mínimo	Mas Probable	Máximo
Turbina Modelo A	4,007,399	4,452,665	4,897,932
Turbina Modelo B	6,909,458	7,429,525	8,023,887
Motor Diesel	2,275,000	2,500,000	2,975,000

Como se trata de una variable financiera para representarla en el modelo se utiliza la Distribución de Probabilidad Triangular.

Una vez obtenidos estos costos se necesita establecer la cantidad de equipos requeridos.

Así, bajo la premisa establecida de una disponibilidad esperada de la Planta Eléctrica del 95% y la demanda de energía eléctrica establecida para los dos períodos: año 2.016 8866,9 KW del año 2.017 en adelante 17357,3 KW, se ubicó data genérica de OREDA 2009 para representar las tasas de falla y reparación de los conductores y generadores eléctricos, y se realizó un Análisis RAM para determinar la cantidad de equipos requerida en cada etapa, así como la disponibilidad esperada del sistema para cada año de horizonte económico y el número esperado de fallas.

De este modo, para cumplir con la demanda de energía y la disponibilidad del sistema establecida, la cantidad de equipos requeridos quedo establecida de la siguiente manera.

Tabla 3.- Cantidad de Conductores Requeridos.

	Turbina Modelo A	Turbina Modelo B	Motores Diesel
Capacidad del Equipo por Diseño	5147	10618	3000
<b>Cantidad de Equipos por Requerimiento de Energía</b>			
Cantidad de Equipos Fase I	2	1	3
Cantidad de Equipos Fase II	4	2	6
<b>Cantidad de Equipos por Requerimiento de Energía y Disponibilidad</b>			
Cantidad de Equipos Fase I	2 de 3	1 de 1	3 de 5
Cantidad de Equipos Fase II	4 de 5	2 de 3	6 de 10

**COSTOS OPERATIVOS.**

En el caso de los equipos conductores los costos operativos consisten en los costos de combustible y los costos de mantenimiento preventivo a los equipos.

**Costos por Combustible:**

Para estimar los costos del combustible se solicitó al proveedor la tasa de consumo de combustible de cada tipo de conductor, el cual proporcionó la información mostrada en la tabla No. 4. De igual manera, el costo del combustible se obtiene por opinión de expertos (ver tabla 5).

Tabla 4.- Consumo de Combustible.

	Motor a Gas	Turbina Modelo A	Turbina Modelo B
Consumo de Combustible (MM BTU/hr)	35	60	118

Tabla 5.- Costo del Combustible.

Costo Unitario del Combustible (\$/BTU)	Mínimo	1
	Máximo	6

De esta manera, el costo del combustible para cada año se estima mediante la siguiente ecuación:

$$Cc = No * Co * To * Cuc \quad (1)$$

Donde:

- Cc: Costo de Combustible (\$).
- No: Número de Equipos Operando.
- Co: Consumo del Combustible (BTU/hora).
- To: Tiempo operativo anual (horas).
- Cuc: Costo Unitario del Combustible (\$/BTU).

Es importante mencionar que el tiempo operativo anual se obtiene multiplicando las horas anuales calendario (8760 horas), ya que el sistema deberá operar de manera continua, por la disponibilidad anual del sistema arrojada como resultado del Análisis RAM ejecutado previamente.

Para representar los Costos del combustible se utiliza una Distribución de Probabilidad Lognormal, ya que es la que se considera de mejor ajuste para este caso.

**Costos por Mantenimiento:**

Los especialistas en equipos rotativos del equipo de trabajo, aunado a las recomendaciones del fabricante, establecieron las frecuencias de los mantenimientos preventivos a los equipos conductores que se deben realizar, tal como se muestra en las tablas 6 y 7.

Tabla 6.- Mantenimientos Preventivos Turbinas.

Programa de Mantenimiento Preventivo - Turbinas			
Mantenimiento Anual			
	Unidad en Operación	Unidad Spare	Duración (hrs)
Mensual	11	3	24
Semestral	1	-	48
Anual	1	-	120
Overhaul	Cada 4 años	-	240

Tabla 7.- Mantenimientos Preventivos Motores.

Programa de Mantenimiento Preventivo - Motores			
Mantenimiento Anual			
	Unidad en Operación	Unidad Spare	Duración (hrs)
Mensual	11	3	48
Anual	1	-	120
Overhaul	Cada 6 años	-	240

Una vez establecida la cantidad de mantenimientos preventivos anuales por cada tipo de conductor, se procede a la estimación de los costos de mantenimiento, que son costos directos, tomando en cuenta los renglones mostrados en la Figura 4.



Figura 4.- Estructura de Costos Directos.

Así, se ubican los costos de materiales para cada acción de mantenimiento (ver tablas 8 y 9).

Tabla 8.- Costo Materiales Mantenimientos Preventivos Turbinas.

	Costo Materiales por Mantenimiento por Equipo (\$/año)		
	Stand By	Operando	Overhaul
Turbina Modelo A	2500	20000	1214384
Turbina Modelo B	2500	25000	2021668

Tabla 9.- Costo Materiales Mantenimientos Preventivos Motores.

	Costos Materiales por Mantenimiento (\$)		
	Mensual	Anual	Overhaul
Motores	750	10246	128470

De este modo, para estimar los costos de los materiales por mantenimientos de las turbinas para cada año del horizonte económico se utiliza la siguiente ecuación:

$$Cma = Cmo \cdot No + Cms \cdot Ns + Cmo \cdot Nov \quad \text{Ec. 2.}$$

Cma: Costo de los Materiales para Mantenimiento (\$/año).

Cmo: Costo de los Materiales Mantenimiento Turbinas Operando (\$/año).

No: Número de Turbinas Operando.

Cms: Costo de los Materiales Mantenimiento Turbinas Stand By.

Ns: Número de Turbinas en Stand By.

Cmo: Costo de los Materiales Mantenimiento Turbinas en Overhaul.

Nov: Número de Turbinas con Overhaul para ese año.

Por otro lado, en el caso de los motores se utiliza la ecuación 3 para estimar los costos de materiales.

$$Cma = Cmm \cdot No \cdot Nmm + Cma \cdot Nma + Cmo \cdot Nov \quad \text{Ec. 3.}$$

Dónde:

Cmm: Costo de Materiales del Mantenimiento Mensual Motores.

No: Número de Equipos Operando.

Nmm: Cantidad de Mantenimientos Mensuales a Ejecutar por año.

Cma: Costo de Materiales del Mantenimiento Anual Motores.

Nma: Cantidad de Mantenimientos Anuales a Ejecutar por año.

Cmo: Costo de Materiales del Mantenimiento Overhaul Motores.

Nov: Cantidad de Mantenimientos Overhaul a Ejecutar por año.

El Costo de labor se estima será de 100 \$/hora. De manera que para estimar los costos de labor se utiliza la siguiente ecuación:

$$CLT = Tm * CL \quad \text{Ec. 4.}$$

Donde:

CLT: Costo de Labor Total (\$).

Tm: Tiempo Total Invertido en Labores de Mantenimiento Preventivo por Año.

CL: Costo de Labor por hora (\$/hora).

Para estimar el tiempo de mantenimiento se debe estimar para cada equipo conductor operativo o en stand by la cantidad de horas que se invierten en su mantenimiento preventivo por año.

De esta manera, los costos por operativos se estiman mediante la suma de los costos de materiales para los mantenimientos, los costos de labor total y el costo del combustible.

En la Figura No. 5 se muestran los resultados obtenidos de los Costos Operativos para los primeros años de la Turbina Modelo A. Es importante mencionar que los valores mostrados no corresponden a un valor determinístico, ya que para las estimaciones se han utilizado distribuciones de probabilidad y se propagará la incertidumbre del modelo mediante el Método de Simulación de Montecarlo.

Años	1	2	3
	2014	2015	2016
Unit 1	432	432	432
Unit 2	432	432	432
Unit 3	72	432	432
Unit 4		432	432
Unit 5		72	72
<b>Down Time</b>	<b>936</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>
<b>Costo Labor (\$)</b>	93600	180000	180000
<b>Costo Material (\$)</b>	42500	82500	82500
<b>Costo Combustible</b>	2821512.76	5603273.13	5612222.13

Figura 5.- Costos Operativos Turbina Modelo A.

**Costos por Impuestos.**

Con la finalidad de modelar los costos por pago de impuestos, se ubicó la información acerca de la tasa impositiva, que según los expertos estará entre un mínimo de 11% y un máximo de 15%.

Según la naturaleza de esta variable, se representan dichos datos con una Distribución de Probabilidad Lognormal.

De modo que, aquellos años donde los ingresos superen los egresos se debe pagar impuestos, por lo que se utiliza la ecuación 5.

$$Si (In > Eg) \Rightarrow Ci = (In - Eg) * Ti \quad \text{Ec. 5.}$$

Dónde:

In: Ingresos anuales (\$).

Eg: Egresos anuales (\$).

Ti: Tasa Impositiva.

Ci: Costos por Impuestos (\$).

**Costos por Desincorporación.**

Para este caso de estudio se determinó un costo por desincorporación del 5% del Costo del Equipo para el año 20 del horizonte económico del análisis.

**PASO 3. DETERMINAR LAS PÉRDIDAS ASOCIADAS AL SISTEMA**

En este caso de estudio se consideran pérdidas asociadas al sistema, los desembolsos que se generan por los eventos no deseados que ocurren en los equipos; es decir, los costos de las fallas.

El equipo de trabajo según la opinión de expertos asignó un Costo por Logística de la Falla, debido a que por ser un evento no deseado que ocurre de manera imprevista se incurre en costos adicionales por la logística urgente de la reparación. En la tabla 10 se muestran los costos por logística.

Tabla 10.- Costo por Logística de las Fallas.

	Costo por Falla (Logística - \$)		
	Minimo	Mas Probable	Maximo
Turbina Modelo A	300555	333950	767345
Turbina Modelo B	518210	557215	901791
Motor Diesel	170625	187500	323125

Adicionalmente, se tienen los costos de materiales por falla (ver tabla 11).

Tabla 11.- Costo por Materiales para solventar la Falla.

	Costo Materiales por Mantenimiento Reactivo (\$)		
	Minimo	Mas Probable	Maximo
Turbina Modelo A	2500	6000	10000
Turbina Modelo B	3000	7500	12000
Motor Diesel	1500	4000	6000

Tanto los costos por logística de la falla, como los costos de materiales por el mantenimiento reactivo son representados por una distribución de probabilidad triangular por ser la que mejor

#### PASO 4. CALCULAR EL NIVEL DE ATRACTIVIDAD DE LAS OPCIONES.

En este caso de estudio se seleccionó el indicador financiero VPN para calcular el nivel de atractividad de las opciones, basado en el hecho que además de permitir estimar el Factor de Rentabilidad de cada opción, a su vez, se puede obtener el factor de riesgo de las mismas.

De modo que, si observamos la figura 2, para completar el análisis debemos evaluar los ingresos que se obtendrán de la Planta Eléctrica.

Para ello se ubicó la información del precio del KW/hr según opinión de expertos (ver tabla 12). Mediante la siguiente ecuación se estiman, entonces, los ingresos derivados de la venta de energía eléctrica:

$$In = Er * Pp * To \quad \text{Ec. 8.}$$

ajusta para opinión de expertos cuando la variable está relacionada con dinero.

De manera que para la obtención de las perdidas por eventos no deseados en el sistema, se estiman mediante la siguiente ecuación:

$$Ps = (CLF + Cmf + TPRR * CL) * Nf * Nef \quad \text{Ec. 6.}$$

Ps: Pérdidas del Sistema.

CLF: Costo de Logística de la falla (\$/falla).

Cmf: Costo de Materiales por falla (\$/falla).

TPRR: Tiempo promedio para reparar del equipo conductor (horas).

CL: costo de labor (\$/hora).

Nf: Número de fallas del sistema por año.

Nef: Número de equipos fallados.

$$Nef = (Nt - No) + 1 \quad \text{Ec. 7.}$$

Dónde:

Nt: Número Total de Equipos Instalados.

No: Número de Equipos Operando.

Donde:

In: Ingresos por la venta de energía eléctrica (\$/año).

Er: Energía eléctrica requerida según la demanda para cada año del horizonte económico (KW/hr).

Pp: Precio de la energía eléctrica (\$/KW/hr).

To: horas por año que opera el sistema. Obtenido de la multiplicación de 8760 horas por la disponibilidad anual obtenida del Análisis RAM previo.

En la figura 6 se muestra las estimaciones realizadas para los ingresos, inversión inicial y costos de la Turbina Modelo A para los primeros años del horizonte económico.

Una vez determinada la curva de ingresos, se procede a estimar el VPN probabilístico para cada opción seleccionada y propagar la incertidumbre del modelo mediante el método de Simulación de Montecarlo apoyados en el software Crystal Ball de Oracle, tal como se muestra en la figura 2.

Años	0	1	2
		2016	2017
Ingresos(\$)		37,767,415.61	65,708,447.34
Inversión Inicial	-13,357,995.00		8,905,330.00
Costo del Combustible		2,821,512.76	5,603,273.13
Mantenimiento Programado		136,100.00	262,500.00
Mantenimiento Reactivo		2,370,103.95	9,577,388.37
Impuestos		4,032,404.13	5,141,233.20
Desincorporación			
Flujo de Caja		28,407,294.76	36,218,722.64

Figura 6.- Evaluación de Ingresos, Inversión y Costos Turbina Modelo A.

En la figura 7 se observan los resultados obtenidos para cada opción.

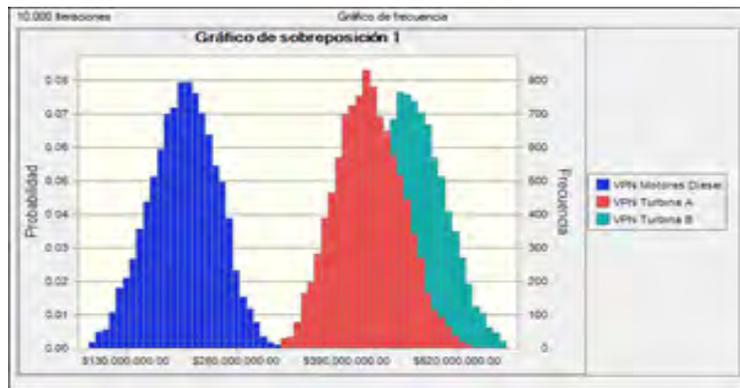


Figura 7.- Resultados VPN Opciones Conductores de Planta Eléctrica.

**PASO 5. SELECCIONAR OPCIÓN ÓPTIMA.**

Una vez que las opciones han sido evaluadas, tendremos una serie de distribuciones de la variable VPN para cada opción de conductores. Para lograr jerarquización se construirá la conocida “Matriz de Jerarquización de Proyectos”, tal como se muestra en la figura 8.

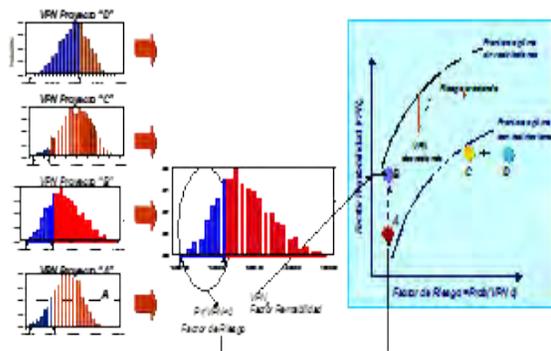


Figura 8.- Matriz de Jerarquización de Proyectos.

De este modo graficando el Factor de Rentabilidad, representado por la media de la distribución de probabilidad del VPN y el Factor de Riesgo, representado por la probabilidad de obtener valores menores a cero del VPN para cada opción, se obtuvo la matriz mostrada en la figura 9.

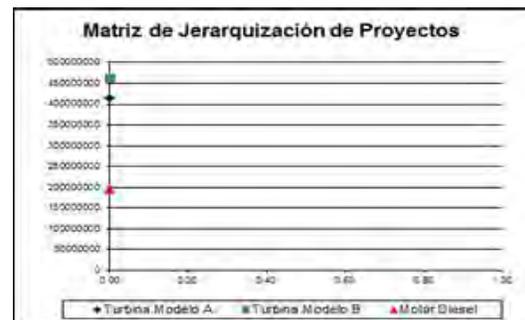


Figura 9.- Matriz de Jerarquización de Opciones Impulsores de Planta Eléctrica.

Finalmente se puede concluir que la mejor opción desde el punto de vista de rentabilidad y factor de riesgo son las Turbinas Modelo B.

### CONCLUSIONES.

- La Metodología Análisis Costo Riesgo Beneficio, permite la evaluación económica y la rentabilidad de diferentes opciones de equipos conductores, facilitando así la toma de decisiones más convenientes para este tipo de negocios.
- Esta Metodología permite la inclusión de técnicas de Ingeniería de Confiabilidad que permiten la reducción de los escenarios de incertidumbre frente a la tomas de decisiones complejas como las planteadas en este análisis.
- La Metodología ACRB facilita una mejor visual de los beneficios o no durante el proceso de toma de decisiones frente a diferentes opciones

técnicamente factibles en la evaluación de equipos eléctricos.

- Las evaluaciones económicas de proyectos u opciones en una cartera o portafolio de opciones de mitigación a convertirse en inversiones futuras, incluye como elemento diferenciador el uso de distribuciones de probabilidad en cada una de las variables principales del modelo económico.

### RECOMENDACIONES.

- Divulgar y adiestrar al personal técnico y especializado involucrado en evaluaciones técnicas de opciones de compra de equipos de Equipos en el uso y aplicación de esta metodología.
- Establecer la Metodología de ACRB como una de las técnicas requeridas en la evaluación económica de diferentes opciones de inversión.

AUTORES:

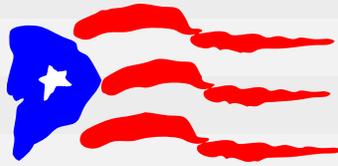
***Edwin Ericson Gutiérrez Urdaneta***

Magister Especialista en Confiabilidad de Sistemas Industriales  
e-mail: edwin.gutierrez@reliarisk.com

***María Teresa Romero Barrios***

Magister Especialista en Confiabilidad de Sistemas Industriales  
e-mail: maria.romero@reliarisk.com

Reliability and Risk Management, S.A. (R2M, S.A.)  
Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.  
Telf. (58)-261-742-5286, 261-741-4647



## **PUERTO RICO: Sede del Reliability and Maintenance Congress 2015 “Journey Towards ISO 55000”**

En fecha reciente, Puerto Rico fue sede del Reliability and Maintenance Congress 2015 “Journey Towards ISO 55000”, que tuvo lugar en el Centro de Convenciones Pedro Roselló y cuya organización corrió por cuenta del Condition Monitoring and Maintenance Institute, CMMI, bajo la organización del Ing. Jesús Sifontes.

El CMMI es una organización constituida por consultores internacionales, cuya área de pericia abarca las disciplinas de mantenimiento predictivo, mantenimiento de precisión, gestión de mantenimiento e ingeniería de confiabilidad. El CMMI tiene, entre otros objetivos, ofrecer cursos y certificaciones, además de contar con sedes en varios países de Latinoamérica.

El RMC 2015 congregó a más de 15 expertos en temas relacionados con ingeniería de confiabilidad y mantenimiento de varias partes del mundo, quienes ofrecieron varias conferencias, que se desarrollaron de manera simultánea. El evento inició con la conferencia magistral de James Picknell sobre la norma ISO 55000. Durante el segundo día del congreso, los asistentes disfrutaron de la disertación de Cliff Williams, cuyo tema giró en torno a la importancia de las personas como principal activo de una empresa.

Otros tópicos como indicadores de mantenimiento, conservación de energía y prácticas de mantenimiento, manejo de activos según los principios de la norma ISO 55000, pruebas de ultrasonido como herramientas de confiabilidad, Mantenimiento autónomo, Mantenimiento basado en condición en la industria de generación de energía a través del viento, aplicaciones de termografía en mantenimiento predictivo, elementos claves en un programa exitoso de mantenimiento predictivo o análisis de aceite para mantenimiento predictivo, también tuvieron lugar en el RCM 2015, que de esta forma se suma al ramillete de opciones de eventos de este tipo en el continente.

De esta forma, la Isla del Encanto se anota un tanto en materia de Gestión de Activos con este primer congreso, que fungió como espacio de intercambio entre profesionales y empresarios del ramo. Se espera una segunda edición de este evento, a partir de octubre del año entrante.

*Alimey Díaz M*

# GESTIÓN DE LA COMUNICACIÓN EN PROYECTOS DEL SECTOR DE SERVICIOS PETROLEROS



## LA GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES EN LOS PROYECTOS

La gestión de comunicación de un proyecto es un área reflexiva y articulada la cual fluye a través de un gran número de niveles y esferas de la actividad comunicacional en las organizaciones del sector petrolero. Cada proyecto industrial contemplado en este sector económico requiere de un esfuerzo para planificar, ejecutar y controlar un conjunto de tareas y recursos de manera que se logre el fin último que es la extracción, producción y distribución de crudo.

El sector petrolero nacional está formado por una diversidad de empresas que participan en procesos de contratación para la empresa petrolera matriz estatal Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA), la cual solicita proyectos bien conformados técnica y financieramente para proceder a evaluar y seleccionar las organizaciones que ejecutarán los diversos proyectos que esta requiere para

realizar sus actividades operacionales.

Pero la formulación y ejecución de proyectos no es una tarea sencilla, requiere de personas capacitadas, con experiencia y dominio de conocimientos técnicos, económicos y financieros para que organicen y administren datos, información, recursos y procesos eficientemente de manera que se culmine el trabajo requerido dentro del alcance, tiempo y costo definido. Pero no se alcanzará la meta fijada si no se transmite la información importante y pertinente, de manera oportuna, a toda la organización encargada de la gestión del proyecto, es por eso que la gestión de las comunicaciones es un componente fundamental en todas las fases de un proyecto.

La gestión de comunicación incluye procesos como la planificación de las comunicaciones, distribución de la información, informar el rendimiento y gestionar a los interesados, estos procesos interaccionan entre si y también con

los procesos de las demás áreas de conocimiento de los proyectos (PMBOK, 2013).

En Venezuela la gestión de comunicación de proyectos se ha visto envuelta en un desarrollo tecnológico, en menor o mayor grado, dependiendo de cuantos recursos posea la empresa para invertir en medios y herramientas de comunicación para la transmisión de la información necesaria para la gestión de los proyectos. Pero cualquiera que sea el caso, en cuanto al uso de las tecnologías para la comunicación de información de proyectos, el hecho es que esta debe ser gestionada de manera tal que contribuya con el cumplimiento de las metas de costo, tiempo y calidad de los proyectos.

En ese sentido, la comunicación en proyectos permite orientar la toma de decisiones al plantearse los objetivos y la trayectoria a seguir producto de la búsqueda de consenso entre actores, la gestión de comunicación permite informar las expectativas y aspiraciones de grupos e individuos en la organización y señala metas e indicadores que se convierten en referencias o estándares para controlar la gestión de proyectos.

Ahora bien, como se ha mencionado en el país una de los sectores que mayor volumen de actividades económicas genera diariamente es el petrolero, siendo una de las principales fuentes de ingresos públicos, para la gestión de las actividades de este sector se formulan proyectos que deben ser administrados. Uno de los elementos importantes en la administración de proyectos es la gestión de las comunicaciones, esta es la que permite llevar de manera oportuna y veraz la información necesaria para una buena toma de decisiones.

Una de las zonas en donde se concentra mayor volumen de empresas de servicios petroleros a nivel nacional es el municipio Lagunillas del estado Zulia, y en vista de la importancia de estas actividades para el desarrollo económico del municipio se decide indagar sobre la

gestión de comunicación en proyectos y así determinar qué tan eficiente es la misma para el logro de las metas trazadas. Se hizo un análisis de la gestión de comunicación de los proyectos diagnosticando sus condiciones actuales y comparando posteriormente con los lineamientos que el PMBOK (2013) define para una buena gestión de comunicación.

Para el estudio se tomó el universo de empresas inscritas en la Asociación de Comerciantes e Industriales de Lagunillas (ACIL), que son un total de 107 distribuidas en varios sectores económicos tales como: constructoras y contratistas, servicios marítimos, transporte terrestre, comercio en general, sector industrial, servicios, sector bancario, seguros y asesores.

Se realizó un muestreo no probabilístico intencional, considerando aquellas que trabajan bajo la filosofía de proyectos, cuya actividad económica estuviese orientada hacia el sector de servicios petroleros. Además, debían tener un área o departamento de proyectos, adicionalmente se consideró el hecho de que no todas las empresas presentaron la misma disponibilidad de participar en la investigación así que se limitó la muestra a aquellas que permitieron acceso a la información sobre la gestión de comunicaciones de sus proyectos, siendo estas un total de 12 empresas.

Se diseñó y aplicó un cuestionario con 16 preguntas que permitieron medir cada uno de los indicadores esenciales de la gestión de comunicación y contrastar con la teoría sobre gestión de comunicaciones de proyectos plasmada en el PMBOK (2013). De este estudio se desprenden resultados que permiten analizar aspectos positivos y negativos de la gestión de comunicación de proyectos de las empresas de servicios petroleros del municipio Lagunillas, véase el cuadro 1 los resultados obtenidos, en este se detalla el elemento objeto de estudio, desempeño actual, contrastación con la teoría o deber ser y análisis de los resultados.

Elemento en estudio	Desempeño actual	Deber ser	Análisis de los resultados
Factores ambientales de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poseen tecnologías de comunicación para transmitir la información de los proyectos.</li> <li>▪ Las tecnologías de comunicación se usan eficientemente.</li> </ul>	Los factores ambientales de la empresa y de los sistemas de la organización deben ser tomados en cuenta desde el desarrollo del acta de constitución del proyecto para garantizar el éxito de los mismos (PMBOK, 2013).	De acuerdo con esto las empresas encuestadas están cumpliendo los lineamientos dictados por el PMBOK (2013) en cuanto a los factores ambientales.
Activos de los procesos de la organización	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No tienen registros de lecciones aprendidas en cuanto a la gestión de comunicación.</li> <li>▪ No cuentan con una base de conocimiento común a todo el personal sobre la gestión de comunicación.</li> </ul>	Todos y cada uno de los activos que se usan para ejercer influencia sobre el éxito del proyecto pueden extraerse de los activos de los procesos de la organización, las lecciones aprendidas y los conocimientos adquiridos en proyectos anteriores forman parte de estos activos (PMBOK, 2013).	Cuando una organización no utiliza eficientemente los activos de los procesos de la organización indudablemente incurrirá en la repetición de errores durante la gestión de sus proyectos ya que no utilizan las experiencias pasadas para aprender.
Alcance del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los enunciados de alcance son detallados en los proyectos.</li> <li>▪ Realizan los cambios solicitados para la actualización del alcance del proyecto.</li> </ul>	El alcance del proyecto se debe definir y describir con mayor especificidad porque así se conoce más información acerca del proyecto y se identifican los requisitos, asunciones y restricciones de los mismos (PMBOK, 2013).	No existen problemas en la definición del alcance de los proyectos, con un alcance bien detallado se tiene un buen material para una posterior identificación de comunicación.

**Cuadro 1. Resultados del análisis de la gestión de comunicación.**

Fuente: Elaboración propia

Elemento en estudio	Desempeño actual	Deber ser	Análisis de los resultados
Plan de gestión del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La organización define un plan de gestión del proyecto.</li> <li>▪ No se definen completamente los procesos, entradas y salidas de cada fase del proyecto.</li> </ul>	El plan de gestión del proyecto define cómo se ejecuta, se supervisa, se controla y se cierra el proyecto. Este se desarrolla desde las fases tempranas del proyecto, actualizándose y revisándose a través del proceso de control integrado de cambios, ningún proyecto se puede llevar a cabo exitosamente sino tiene un plan de gestión ( <i>PMBOK</i> , 2013).	La formulación de un plan de gestión del proyecto debe ser un elemento importante en todas las empresas, por lo tanto toda organización que quiera lograr sus objetivos debe diseñar uno para todos sus proyectos. Pero debe considerar todos los procesos, entradas y salidas de cada fase sino el plan no estará bien formulado.
Planificación de las comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se identifican las necesidades de información de los interesados en los proyectos.</li> <li>▪ No se elabora un plan de gestión de comunicación del proyecto.</li> </ul>	Identificar las necesidades de información de los interesados y determinar una forma adecuada de satisfacer dichas necesidades, constituyen factores importantes para el éxito del proyecto. La planificación de las comunicaciones responde a las necesidades de información y comunicación de los interesados ( <i>PMBOK</i> , 2013).	Aun cuando se identifiquen las necesidades de información de los interesados no se puede ser exitoso en un proyecto si no se plasma de manera organizada en un plan. Una planificación incorrecta de las comunicaciones conducirá a demoras en la entrega de mensajes, la comunicación de información sensible a la audiencia equivocada o falta de comunicación con algunos de los interesados involucrados.

*Continuación - Cuadro 1. Resultados del análisis de la gestión de comunicación.*

Fuente: Elaboración propia

Elemento en estudio	Desempeño actual	Deber ser	Análisis de los resultados
Información del rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se informa sobre la forma en cómo se están utilizando los recursos para lograr los objetivos del proyecto.</li> <li>Se utilizan herramientas gráficas, indicadores o formatos para informar sobre el rendimiento del proyecto.</li> </ul>	<p>Los informes de rendimiento se organizan y resumen la información recogida, presentan los resultados de cualquier análisis en comparación con la línea base para la medición del rendimiento, lo cual debe proporcionar la información sobre el estado de la situación en el progreso y el nivel de detalle requeridos por los diversos interesados según lo documentado en el plan de gestión de las comunicaciones (PMBOK, 2013).</p>	<p>Las herramientas y recursos de administración de proyectos sirven para proporcionar la estructura, la flexibilidad y el control necesario a los miembros del equipo de trabajo para alcanzar resultados extraordinarios a tiempo y dentro del proyecto. Las empresas encuestadas así lo confirman en sus acciones, ya que cumplen con lo establecido en el <i>PMBOK</i> (2013)</p>
Gestión a los interesados	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se gestionan las comunicaciones de tal manera que se satisfacen las necesidades de los interesados en el proyecto.</li> <li>Se resuelven las polémicas o inquietudes de los interesados en el proyecto.</li> </ul>	<p>Si no se satisfacen las necesidades o se resuelven las inquietudes de los interesados, se generará una importante fuente de conflictos y retrasos en el proyecto. Cada polémica se aclara y se enuncia de manera que pueda resolverse con el fin de abordar y mantener una relación de trabajo buena y constructiva entre los distintos interesados (PMBOK, 2013).</p>	<p>Debido a que las empresas encuestadas no tienen un plan específico para las comunicaciones se hace imposible que satisfagan las necesidades de todos los interesados, lo que origina polémicas y conflictos que afortunadamente afirman resolver antes de que puedan afectar gravemente el desempeño de los proyectos.</p>

Continuación - Cuadro 1. Resultados del análisis de la gestión de comunicación.

Fuente: Elaboración propia

En forma general se puede concluir que las empresas de servicio petrolero del municipio Lagunillas conocen las normas y procedimientos para la gestión de la comunicación de los proyectos, pero no cumplen o aplican todos los requisitos señalados en el PMBOK (2013) en cuanto a la manera en cómo se planifica, ejecuta y controla esta área de conocimiento de proyectos.

Es así como posee la tecnología para la distribución de información, define alcances detallados de proyectos, elaboran el plan general de gestión de proyectos aunque no consideran todos sus elementos, se identifica y distribuye la información según las necesidades de los interesados aunque no en su totalidad, poseen herramientas para informar el rendimiento, pero no hacen un plan específico y detallado de la gestión de comunicación en donde se plasme organizadamente los elementos de gestión que conduzcan al éxito del proceso de comunicación del proyecto y por ende el logro de los objetivos del mismo.

Nada se logra con tener el plan general del proyecto si no se especifica cómo se gestionará la comunicación del proyecto, si no se define quiénes son los interesados, qué necesitan, con qué frecuencia, quién es el responsable de transmitir la información. Estas fallas en la planificación de las comunicaciones es lo que hace que no se consideren las necesidades de todos los interesados, generando conflictos en los proyectos que causan desviación de las metas originales de tiempo, costo, calidad y alcance si no se resuelve oportunamente.

Adicionalmente se resalta otro aspecto no considerado por las empresas estudiadas que es la importancia de llevar registros de las lecciones aprendidas y tener una base de conocimientos común entre todos los miembros del equipo del proyecto, esto evita la reaparición de errores del pasado, ayuda a

mitigar o eliminar los riesgos negativos y potenciar los riesgos positivos, evita la pérdida de recursos, disminuyen los conflictos y retrasos en los proyectos.

De acuerdo con el PMBOK (2013), un plan de gestión de proyecto está conformado por planes específicos o subsidiarios, cada uno de ellos contribuye al éxito del proyecto cuando están definidos completamente, uno de estos planes subsidiarios es el que gestiona las comunicaciones del proyecto, de ahí la importancia de que cada empresa del sector de servicios petrolero del municipio Lagunillas considere la necesidad de desarrollar un plan que identifique y organice las tareas, procesos y recursos de comunicación de manera tal que se minimicen las desviaciones provocadas por la falta de información oportuna, pertinente y veraz.

AUTOR:

**Ismaira J. Rivera-Fernández**  
*Ingeniera Industrial*

*Magister en Gerencia de Proyectos Industriales*  
*Doctora en Ciencias de la Educación*  
*PNF Ingeniería en Mantenimiento.*  
*ismairarivera@hotmail.com*



# La Gestión de Activos Como Política

## RESUMEN

El número de organizaciones que están implementando la gestión de activos se han incrementado desde su nacimiento hace más de 25 años. Tal vez el incremento en el uso de gestión de activos en los servicios públicos se debe a que con frecuencia la tecnología requiere del conocimiento experto de mucha gente, mucha gente que tiene que trabajar en armonía para cumplir un determinado objetivo frente al genio de una única persona trabajando sola. Ahora viene la pregunta clave: ¿Qué puede hacer el cliente para que el gestor se centre en generar valor? Realmente, el cliente y el contexto económico es quien dirige. El cliente puede demandar, requerir, especificar, así como aceptar los resultados. ¿Cómo se hace esto?

La aplicación de los modelos de gestión de activos en la gestión pública ha sido posible gracias a el compromiso de los gobiernos, la cultura participativa; transparencia de información, comunicación, motivación de los empleados, delegación de autoridad y equipos multifuncionales. Las decisiones y resultados del uso de modelos, metodologías y estándares – normas ISO 55000 (Gestión de Activos) y norma UNE-178303 (Sistema de Gestión de Activos de la Ciudad - Ciudades Inteligentes), han reflejado las mejoras en la contribución a los países a generar valor a sus clientes.

He aquí la importancia de las políticas públicas que intentan no solo solucionar problemas de diferentes tipos: económicos, sociales, de infraestructura, ambientales, energéticos entre

otros, sino lograra la sostenibilidad. En este caso, se prestará especial atención a las políticas de los servicios públicos de electricidad, agua & gas.

Las políticas públicas son un conjunto de acciones y decisiones encaminadas a solucionar problemas propios de las comunidades. En el diseño e implementación de las políticas públicas pueden intervenir conjuntamente la sociedad civil, las entidades privadas y las instancias gubernamentales en sus distintos niveles.

La Gestión Integral de Activos, es la integración, planificación y la programación sistemática de los recursos físicos y financieros de una organización pública o privada a lo largo del ciclo de vida de sus activos. La implementación de un Modelo de Gestión Integral de Activos requiere como primer paso el conocimiento del proceso actual dentro de la organización y del nivel de madurez de la organización ante la implementación de un Modelo de Gestión de Activos. Es necesario, en este paso, que el modelo a implementar esté referenciado por normas y estándares que guían a la organización a cumplir con una serie de requerimientos a cumplir alineado a la optimización de la gestión de los activos. Es aquí donde la norma ISO 55000 "Asset Management" propone 10 elementos y 23 requerimientos necesarios para implementar un modelo para la gestión de activos (ISO 55001:2014). Figura 1.

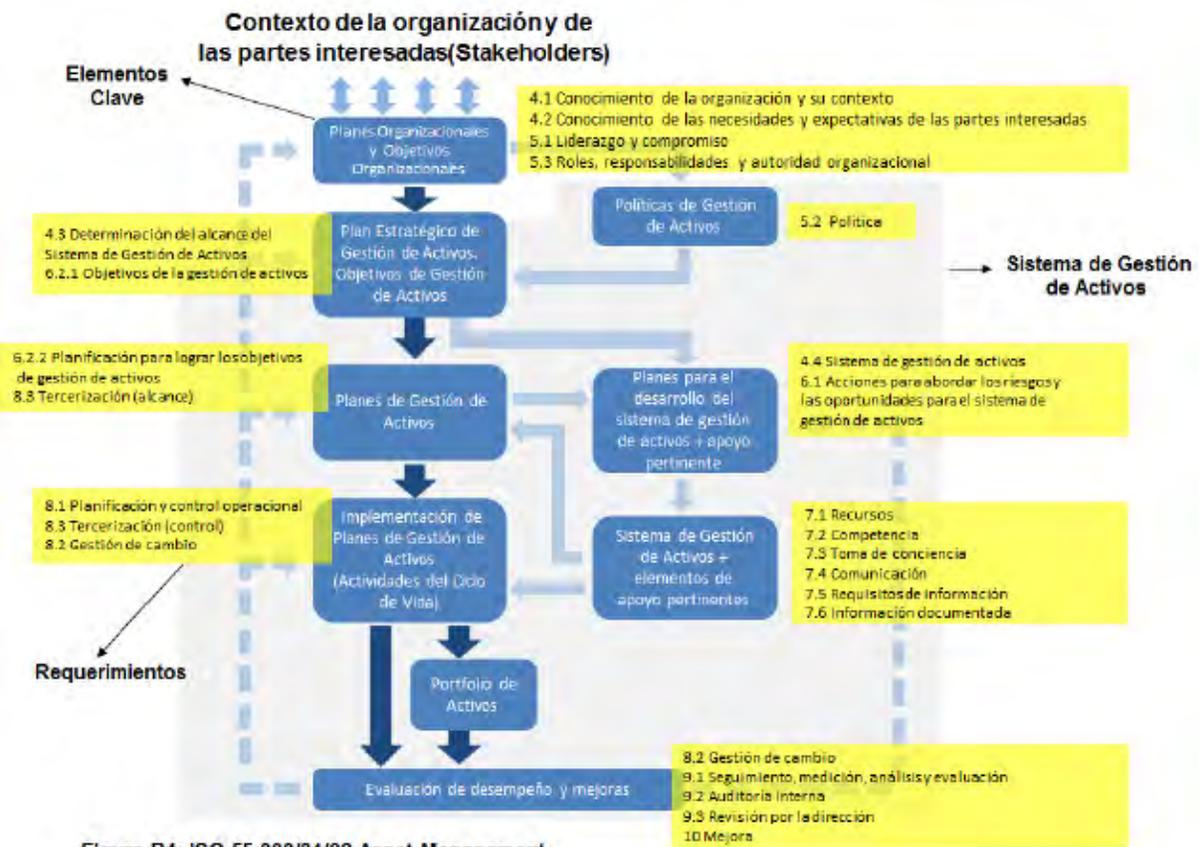


Figura B1: ISO 55.000/01/02 Asset Management

Figura 1. Elementos y Requerimiento de la ISO 55001

## ¿Qué es el Asset Management?

### “Asset”

Es algo que tiene valor o puede generar valor a la organización....

### “Asset Management”

Actividades coordinadas de una organización para generar valor a partir de los activos....

necesidades, ellos tendrán un fuerte interés por saber cuál es plan de gestión de activos a corto, medio y largo plazo de los servicios (Como influirá sus hijos y nietos). También es necesario tener en cuenta la equidad "intergeneracional", por lo que la administración pública no debe incurrir en deudas insostenibles o crear otros problemas para los futuros contribuyentes. Su comunidad puede ayudar a determinar las prioridades, niveles de servicio. Porque el contexto local es un factor importante en la planificación de la gestión de activos. La gente local le puede dar una informados sobre las prioridades y cómo los activos trabajan en su comunidad.

## LA GESTION PÚBLICA

*Hable con su comunidad a cerca de la gestión de activos*

Es importante hablar con la comunidad: Conocer como usan los servicios, cuáles son sus

*Información para la toma de decisiones a cerca de la gestión de activos previsiones o no, etc..*

Recuerde que el propósito de la gestión de activos es el de proporcionar un nivel deseado

de servicio a través de la gestión de los activos de la manera más rentable para el presente y el futuro. Gestión de activos así el cliente es lograra la sostenibilidad a largo plazo de los activos y los servicios que apoyan.

### **NORMA DE SOPORTE A LA ISO 55.001**

Con la incorporación de la norma UNE-178303 Ciudades Inteligentes, Sistema de Gestión de Activos de la Ciudad, El propósito de esta Norma es facilitar a las ciudades establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su gestión de activos. La implementación de esta Norma está destinada a mejorar los activos de la ciudad, así como a optimizar los costes de adquisición y mantenimiento, a través de una gestión sistemática. Esta Norma es aplicable a todas las entidades locales, independientemente de su tamaño, complejidad y condiciones geográficas, culturales o sociales. Su implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de las alcaldías (Ayuntamiento), Gobernaciones (Comunidad - Gobierno Regional) & Gobierno Nacional.

Esta Norma Nacional especifica los requisitos de un Sistema de Gestión de Activos de la Ciudad (SGAC) a partir del cual la ciudad puede desarrollar e implementar una política de gestión de activos y establecer objetivos, metas y planes de acción, teniendo en cuenta los requisitos legales y la información relevante de los activos. Un SGAC permite a la ciudad alcanzar los compromisos derivados de su política, tomar decisiones, según sea necesario, para mejorar su gestión y demostrar la conformidad del sistema, con los requisitos de esta Norma.

Esta Norma Nacional se aplica a las actividades bajo el control de las alcaldías (Ayuntamiento), Gobernaciones (Comunidad - Gobierno Regional) & Gobierno Nacional, incluyendo la complejidad del sistema, el grado de documentación y los recursos.

La aplicación global de esta Norma contribuye a

optimizar la gestión de activos, a mejorar la competitividad y a la mejora de los servicios públicos.

Esta norma puede utilizarse para la certificación, el registro y la autodeclaración del SGAC de una ciudad. No establece requisitos absolutos sobre el inventario de activos, más allá de los compromisos establecidos en la política de activos y/o el Plan Estratégico de la Ciudad y de su obligación de cumplir con los requisitos legales aplicables y otros requisitos. Por tanto, dos ciudades con características similares, pero con diferentes políticas de gestión de activos, pueden ambas cumplir con sus requisitos.

### **BUENAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS**

#### ***¿Cuáles son los retos que enfrentan las administraciones públicas?***

Las fuertes restricciones presupuestarias, sostenibilidad de los requerimientos regulatorios en cada uno de los países para incrementar la transparencia en la gestión de los fondos públicos y la propia fragmentación de los activos y servicios de cualquier administración pública (multitud de instalaciones de diversa naturaleza) exigen una infraestructura de gestión integrada que mejore la eficiencia, eficacia, visibilidad y control de las operaciones por parte de los responsables públicos alineados a la gestión de activos y gestionados a través de normas y estándares como la ISO 55001 de Gestión de Activos.

#### ***¿Qué beneficios ofrece la implementación de la gestión de activos alineado a la ISO 55001?***

- Disponer de información veraz y actualizada de los costes de operación y mantenimiento de los activos, facilitando la toma de decisiones durante el ciclo de vida de los activos.
- Asegurar prácticas que cumplan los requerimientos de seguridad, medioambiente y riesgos para garantizar la trazabilidad de los procesos.
- Enlazar las peticiones de servicios con la operativa de gestión de los activos.
- Facilitar el análisis y control de los

proveedores, así como el seguimiento de los contratos.

- Estandarizar modelos y reducir los stocks de repuestos.
- Proporcionar una información económica crítica para la toma de decisiones presupuestarias al hacer una captura real del estado de todos los activos.



Figura 2. Modelo de Gestión de Activos Públicos (Amendola.L, 2015)

## ¿Por qué es importante la gestión de activos en la administración pública?

La gestión de activos es importante para un número de razones.

- Los servicios públicos están soportados por los activos los cuales deben entregar un servicio de calidad bajo la gestión de riesgos; si los activos no están bien administrados impactara en los servicios a los clientes
- Las inversiones que realiza la administración pública deben ser protegidas., una falla de los activos genera unos efectos sociales y económicos en el país. Para evitar esto, es necesario una política pública de verdad... no pueden darse por sentadas por todos, debe ser una práctica real no documentales...

## ¿Qué ofrece una política pública de gestión de activo?

- Gestión de todo tipo de Activos: Instalaciones (colegios, depuración aguas, polideportivos, parques y jardines, etc.), activos lineales (conducción agua, electricidad, etc.), activos móviles (transporte urbano, vehículos policía, recogida basuras), etc.
- Proporcionar una gestión de activos basada en el servicio, implementando las buenas prácticas de gestión de activos conectando lo estratégico, táctico y operativo para garantizar su conexión y sostenibilidad de los servicios.

AUTOR:

**Dr. Luis Amendola, Ph.D**

CEO & Managing Director PMM

Managing Director Center for Innovation & Operational Excellence (CIEx), USA

Investigador PMM Business School, Europa

Director PMM University, USA

Research Universidad Politécnica de Valencia, España

# AVANCES TENDENCIAS DEBATE INVESTIGACIÓN

MARCARÁN EVENTOS DE 2016  
EN MANTENIMIENTO  
Y GESTIÓN DE ACTIVOS

Este venidero 2016 será un año importante para el mantenimiento mundial. Cada vez más las organizaciones y asociaciones del sector, muestran su preocupación por la actualización profesional de ingenieros, directivos, facility managers, gerentes de ingeniería, jefes de producción, gerentes de planta, entre otros actores; con el objetivo de continuar formando talento humano con características más integrales que aporten tendencias y nuevas prácticas de la rama a sus empresas.

En mayo, específicamente del 18 al 20, La Asociación Colombiana de Ingenieros en Mantenimiento (ACIEM) presenta el XVIII Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos, el cual se destacará por ofrecer ponencias técnicas, conferencias centrales, cursos cortos y paneles de discusión referente al mantenimiento, a fin de actualizar a la comunidad de Mantenimiento Industrial, con un evento que posee un componente académico y una muestra de productos y servicios como es el Expomantener 2016.

Desde ya puedes ver la más reciente información para inscripción, patrocinio y participación en Expomantener 2016, a través del siguiente link: [www.aciem.org](http://www.aciem.org).

Para el mes de junio, los ojos del mantenimiento se centran en Europa, esta vez hacia el norte de España, donde la capital del país vasco, Bilbao, albergará la quinta edición del LUBMAT 2016: Lubrication, Maintenance and Tribology, pautada para el 7 y 8 de junio. Este congreso internacional tiene como principal característica reunir a investigadores y, sobre todo, personas de empresas, para conocer las últimas tendencias y mejoras en todo lo relativo al mantenimiento preventivo como activo de las mismas, la lubricación, la tribología y la lucha contra el deterioro por desgaste y fricción.

LUBMAT 2016 contará con alrededor de 80 comunicaciones y unas cinco conferencias magistrales ("key note papers"). Además tendrá una exposición, donde las empresas más destacadas de la rama presentarán sus ofertas. Para más información visita [www.lubmat.org](http://www.lubmat.org).

En Junio, Argentina será la anfitriona para los actores del mantenimiento mundial. Entre el 9 y 10 de junio, se realizará en las instalaciones de la Universidad Tecnológica Nacional el Congreso de Mantenimiento, Confiabilidad en la Gestión de Activos Industriales y Facilities, destinado a Facility Managers, Gerentes de Ingeniería, Jefes de Producción, Gerentes de Planta, Jefes de Mantenimiento, Gerentes de Sistemas, Tecnología y a todos aquellos miembros de organizaciones que estén involucrados en la Gestión y las decisiones relativas a Activos Físicos de sus organizaciones.

Con todo el potencial que ofrece la universidad de ingeniería más grande de la Argentina, está asegurada la calidad de las exposiciones. El

evento además contará con oradores de Clase Mundial. En este sentido, la organización ha puesto mayor énfasis en lograr que los temas que se desarrollen sean verdaderamente actuales y enriquecedores para el auditorio, ofreciendo perspectivas singulares y novedosas en temas como Planificación, ISO 55000, Predictivos, Factor Humano, Gestión de Espacios, presentando además testimonios de casos reales notables.

La organización estará a cargo del Centro de Investigación de Activos Físicos de la UTN. La convocatoria inicial para efectuar este evento, pertenece a la iniciativa de Mantenedores y Gestores de Activos, apasionados por la especialidad y preocupados por su profesionalización que se agruparon en el ARGEMANT.

Para obtener más datos e información referente al evento y proceso de inscripción, no dejes de hacer click en: [www.argemant.com](http://www.argemant.com).

## MÁS EVENTOS

Esto es sólo el abreboca de lo que será el 2016 para el sector del mantenimiento, también se esperan grandes congresos organizados por asociaciones destacadas como URUMAN, Abraman, AMGA entre otras. Además de la 31° edición del IMC 2016 organizado por uno de los grandes precursores de la cultura en mantenimiento y confiabilidad como lo es Terrence O Hanlon.

Más detalles y noticias sobre los próximos eventos te lo haremos saber a través de

**@predictiva21** y  
**[www.predictiva21.com](http://www.predictiva21.com)** .

Autor:  
**Maite Aguirrezabala**

# Evaluación de Desempeño de bombas centrifugas en una planta de inyección de agua mediante pruebas en campo



## RESUMEN

En el mundo actual existen diferentes maneras de realizar estudios de condición de los activos que involucran el proceso productivo; una de estas, las más básica y elemental de estudios de ingeniería son las pruebas de eficiencia; estas proveen una idea de la condición del activo al realizar estudios puntuales o de tendencia; esto para determinar o no posteriormente acciones de mantenimiento y operaciones. En este documento se plantea el procedimiento aplicado a una planta de inyección de agua basada en la norma ASME PTC 8.2, tomando en cuentas las diferentes condiciones presentadas durante este estudio.

## NOMENCLATURA

	<i>Descripción</i>	<i>Unidades</i>
<i>BHP</i>	Potencia al freno	<i>Kw</i>
<i>RPM</i>	Velocidad Angular del Rotor	<i>Rev/min</i>
$\tau$	Torque	<i>N*m</i>
<i>P<sub>hp</sub></i>	Potencia del motor	<i>Kw</i>
$\eta$	Eficiencia del motor	<i>%</i>
<i>g</i>	Constante de gravedad	<i>m/s<sup>2</sup></i>
<i>P</i>	Presión manométrica de descarga	<i>PSI</i>
<i>P</i>	Presión manométrica de succión	<i>PSI</i>
<i>V</i>	Velocidad del fluido a la descarga	<i>m/s</i>
<i>V</i>	Velocidad del fluido a la succión	<i>m/s</i>
<i>H<sub>p</sub></i>	Cabezal de Presión	<i>m</i>
<i>H<sub>z</sub></i>	Cabezal de altura	<i>m</i>
<i>H<sub>v</sub></i>	Cabezal de Velocidad	<i>m</i>
<i>Q</i>	Caudal o flujo Volumétrico	<i>m<sup>3</sup>/h</i>
$\gamma$	Peso específico del fluido	<i>m<sup>3</sup>/Kg</i>
<i>P<sub>h</sub></i>	Potencia Hidráulica	<i>KW</i>
<i>Q<sub>t</sub></i>	Flujo volumétrico de referencia	<i>m<sup>3</sup>/h</i>
<i>RPM<sub>t</sub></i>	Velocidad de Referencia	<i>Rev/min</i>
<i>H<sub>t</sub></i>	Cabezal de referencia	<i>m</i>
<i>P<sub>ht</sub></i>	Potencia Hidráulica de referencia	<i>Kw</i>



## INTRODUCCIÓN

En organizaciones proyectadas a las mejoras continuas en alas de crecimiento, es necesario establecer estrategias de operaciones y mantenimiento, siendo la medición de tendencias y evaluaciones las más comunes para realizar comparaciones con las metas de la organización.

Las pruebas de eficiencia son indicadores tanto de ajustes como de condición de los activos que integran nuestro proceso productivo. Durante este artículo revisaremos algunas nociones básicas, así como el proceso para la obtención de eficiencia aplicado para una planta de inyección de agua mediante el procedimiento de la norma PTC 8.2, enfocándose en los elementos conducidos, posteriormente serán desarrollados los elementos conductores a posteriori.

## PLANTA EN ESTUDIO Y CONDICIONES ACTUALES

La Planta tiene como función principal inyectar de 600 - 842 mil barriles de agua al día (MBPD) a una presión comprendida entre 3800 – 4300 PSIG. El proceso consiste en cuatro (04) turbo-bombas y 2 moto-bombas centrífugas multietapas, todas en paralelo, de las cuales una (01) bomba es de respaldo operacional, con capacidad de manejo de 142 MBPD por unidad, las cuales elevan la presión de 200 – 230 Psig de 3800 – 4300 Psig; las turbinas que accionan a cuatro (04) bombas son a gas y los motores accionan al resto de las bombas (02) son eléctricos. Durante este estudio la condición de las bombas era la siguiente:

<b>Unidad 1</b>	Proveniente de Overhall
<b>Unidad 2</b>	Fuera de Servicio
<b>Unidad 3</b>	38 mil horas de operación desde ultimo mantenimiento
<b>Unidad 4</b>	Carencia de Instrumentación ajustada para prueba
<b>Unidad 5</b>	32 mil horas de operación desde ultimo mantenimiento
<b>Unidad 6</b>	42 mil horas de operación desde ultimo mantenimiento

## ADQUISICIÓN DE DATOS

La recopilación de información necesaria para la realización de los cálculos fue obtenida directamente de dos (02) fuentes; la primera provino de la instrumentación en campo o instrumentos locales; la segunda del sistema de control de operaciones o panel de operaciones, tomando en cuenta que la estructura de instrumentación que provee la norma ASME PTC referido a la localización de estos puntos de medición y haciendo énfasis en la necesidad de ajustes y calibración de estos; siendo necesario referirse a la norma ASME PTC 19.

## METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

La metodología de análisis, referida a la norma ASME PTC 8.2 es muy específica sobre las variables necesarias para llevar a cabo el estudio; siendo el cálculo poco complejo y de rápida visualización. Para esto es necesaria la determinación de los siguientes parámetros:

### Cálculo de Potencia al freno

Para el caso de las bombas de inyección que están acopladas a una turbina se obtuvo mediante la expresión 01

$$BHP = RPM * \tau \quad (01)$$

Por otro lado para equipos cuyo accionador son motores eléctricos se tiene:

$$BHP = Bhp * \eta_{motor} \quad (02)$$

### Cálculo de Cabeza

El cálculo del cabezal surge del principio Bernoulli el cual establece que el cabezal o altura hidráulica es igual a la carga piezométrica más el cabezal de velocidad, así como se muestra en la ecuación 3

$$H_{Total} = H_p + H_z + H_v \quad (03)$$

Donde;  $H_p$  es la diferencia de las presiones de succión y descarga,  $H_z$  la diferencia de alturas y  $H_v$  la diferencia entre la velocidad del fluido entre la succión y descarga, como se aprecia en las correlaciones 4, 5 y 6.

Cabezal de Presión

$$H_p = \frac{\Delta P}{\gamma} = \frac{P_d - P_s}{\rho g} \quad (04)$$

Cabezal de Altura

$$H_z = \Delta Z = Z_d - Z_s \quad (05)$$

Cabezal de Velocidad

$$H_v = \frac{(\Delta V^2)}{2g} = \frac{(V_d^2 - V_s^2)}{2g} \quad (06)$$

### Cálculo de potencia hidráulica

Esta representa la energía suministrada por la bomba al fluido, esta es obtenida con ecuación 7.

$$P_h = \gamma * Q * H_{Total} \quad (07)$$

### Cálculo de Eficiencia

El cálculo de eficiencia no es más que la relación de la energía producida con la energía suministrada, en otras palabras la potencia hidráulica u la potencia al freno como se muestra en la ecuación 8.

$$\eta_{Bomba} = \frac{P_h}{BHP} * 100 \quad (08)$$

### Leyes de Afinidad

Las leyes de afinidad permiten establecer comparaciones de las bombas si estas se comportasen a diferentes velocidades o si se variara el diámetro del impulsor; en esta sección se mostrara las ecuaciones utilizadas para el desarrollo del estudio en campo a diferentes velocidades, tomando como referencia las curvas provenientes de Aceptación en Fábrica (FAT). Para ajustar el flujo se utilizara la ecuación 9, mientras para el cabezal la ecuación 10 y finalmente para la potencia hidráulica la ecuación 11

$$Q = Q_t \left( \frac{RPM}{RPM_t} \right) \quad (09)$$

$$H = H_t \left( \frac{RPM}{RPM_t} \right)^2 \quad (10)$$

$$P_{ht} = P_t \left( \frac{RPM}{RPM_t} \right)^3 \quad (11)$$

## RESULTADOS

La máxima eficiencia registrada se obtuvo como era de esperar en la unidad 1, siendo esta la proveniente de mantenimiento mayor, así como se muestra en la Figura N°1

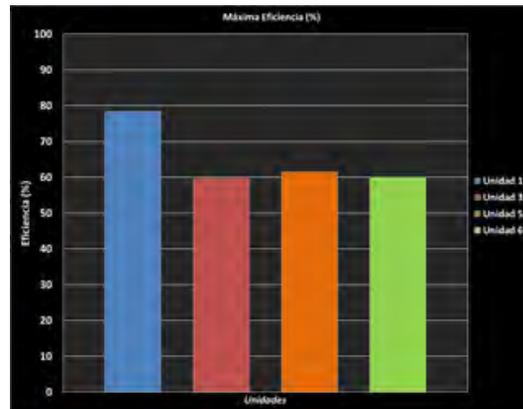


Figura N° 1. Máximas Eficiencias registradas

Este comportamiento se mantuvo en las pruebas realizadas en cada unidad, tal como se muestra en la figura N° 2, esto representa un indicio del aprovechamiento de las capacidades bajo condiciones favorables a la integridad mecánica.

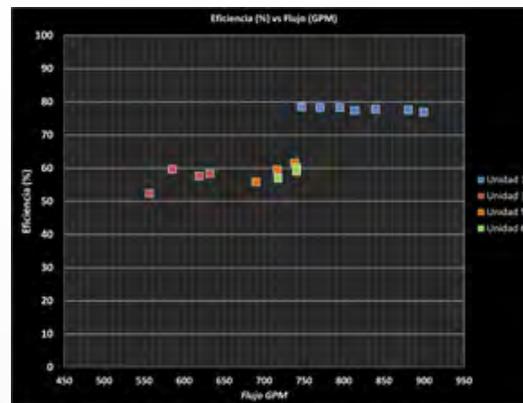


Figura N° 3. Eficiencia (%) vs Flujo (GPM)

Si es comparado el comportamiento de las bombas de las unidades con las curvas del fabricante, fácilmente se visualiza un distanciamiento entre las condiciones esperadas y las condiciones actuales de operación de la unidad (Ver figura N° 4 y 5)

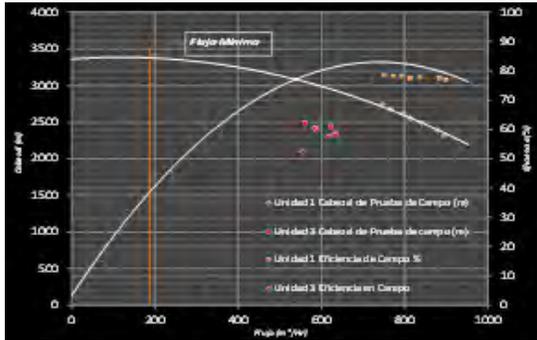


Figura N° 4. Test Campo vs Fabricante Unidad 1 y 3

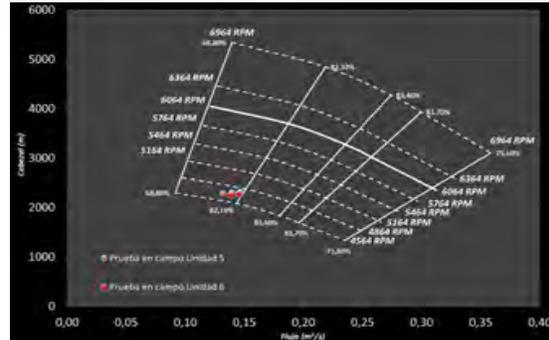


Figura N° 7. Mapa de operación Unidad 5 y 6

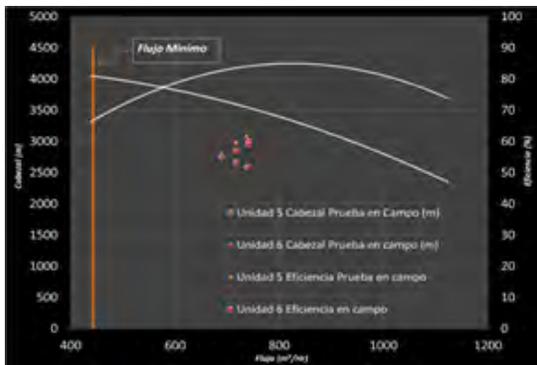


Figura N° 5. Test Campo vs Fabricante Unidad 5 y 6

## CONCLUSIONES

- La aplicación de este ejercicio permitió realizar una comparación de condición entre los elementos que integran a la planta, además de establecer precedentes de condición para evaluaciones futuras
- La máxima eficiencia en la bomba de inyección Unidad 1 se obtuvo en la séptima variación con un valor de 78,37%, mientras poseía una carga de 100 MBPD, muy cercano a los valores de diseño de la unidad. Siendo el comportamiento de la Unidad 1 es acorde con el comportamiento de las pruebas en campo, por lo que se descarta algún malfuncionamiento en la misma que pudiese generar pérdidas mecánicas.
- Los puntos de operación de las unidades 3, 5 y 6, para las condiciones actuales están lejos de lo esperado en comparación con sus correspondientes pruebas de desempeño, esto aunado a los valores de eficiencia obtenidos y más si realizamos la comparación con la Unidad 1.
- Al incluir los resultados obtenidos en el mapa de comportamiento se describe la diferencia de capacidades a causa de las horas de operación de la unidad desde su último mantenimiento, siendo esta una condición determinante en la producción global de la planta, lo que genera penalizaciones debido al comportamiento obtenido.

Las diferencias operacionales de las unidades se vuelven más evidentes cuando se construye el mapa de operación a diferentes velocidades, en las figuras N° 6 y 7, se tomó como referencia la curva primaria del fabricante y por similitud se obtuvieron las demás trazadas, de tal forma permitir la construcción del mapa de operación para el mismo impulsor en diferentes velocidades.

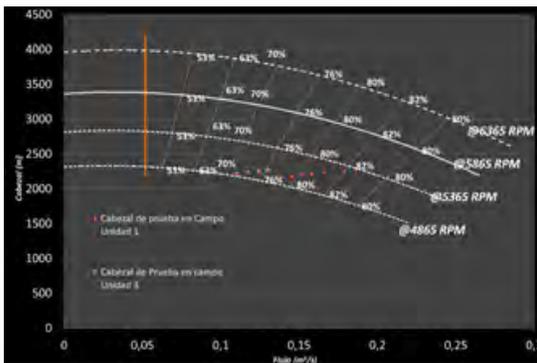


Figura N° 6. Mapa de operación Unidad 1 y 3

AUTOR:

**Ing. Luigi Anthony Rondón**  
Luigi.Rondon@eysmsolutions.com



PMM University es una universidad operativa internacional en la investigación industrial. Es una institución académica internacional con profesionales con muchos años de experiencia, lo que garantiza un alto nivel de educación. Nuestros principales activos son las personas: profesores y profesionales que nutren la reflexión, el diálogo, proyectos e iniciativas al servicio de la sociedad, la economía, el medio ambiente y la investigación relevante; junto con una valiosa contribución a la sostenibilidad de la industria para la transformación social.

Nuestra formación de calidad, nuestra fuerte orientación internacional y el desarrollo de habilidades, tanto profesionales como personales garantizan la formación de las personas con un alto nivel de competencia profesional y con plena conciencia de su responsabilidad social. PMM University obra activamente en la búsqueda de nuevas soluciones para los desafíos de la gestión de capacidad y el conocimiento, la innovación y la internacionalización de las empresas y la responsabilidad social de las empresas, también aquí podrás aprender lo que se necesita para desenvolverte fluidamente como un activo que genera valor constantemente a sí mismo y al entorno en el que opera.

### **Dr. Luis Amendola, Ph.D**

CEO & Managing Director PMM

Managing Director Center for Innovation  
& Operational Excellence (CIEx), USA

Ivestigador PMM Business School, Europa

Director PMM University, USA

Research Universidad Politecnica de Valencia, España

## CENTER FOR INNOVATION & OPERATIONAL EXCELLENCE (CIEx) (CENTRO DE INNOVACIÓN & EXCELENCIA OPERACIONAL)

PMM University a través de su centro de investigación en el sur de la Florida (Center for Innovation & Operational Excellence) ofrece Formación, Coaching, Consultoría en Creatividad, Innovación & Desarrollo de Liderazgo en Excelencia Operacional, para llevar su organización a la excelencia operacional a través de la innovación en su modelo de negocio.



El éxito del negocio reside en la capacidad para dirigir de manera creativa e innovar. El problema es que muy pocos líderes saben cómo cultivar la creatividad en el lugar de trabajo. Desde el CIEx proporcionamos un enfoque integrador a todo su equipo para desarrollar la creatividad, el liderazgo y la innovación en las organizaciones. Buscamos soluciones a problemas desde una nueva óptica: el Design Thinking, o pensamiento de diseño. Ayudamos a empresas e instituciones a trabajar a nivel estratégico en cuestiones como el producto, los servicios, los procesos, la comunicación, etc.

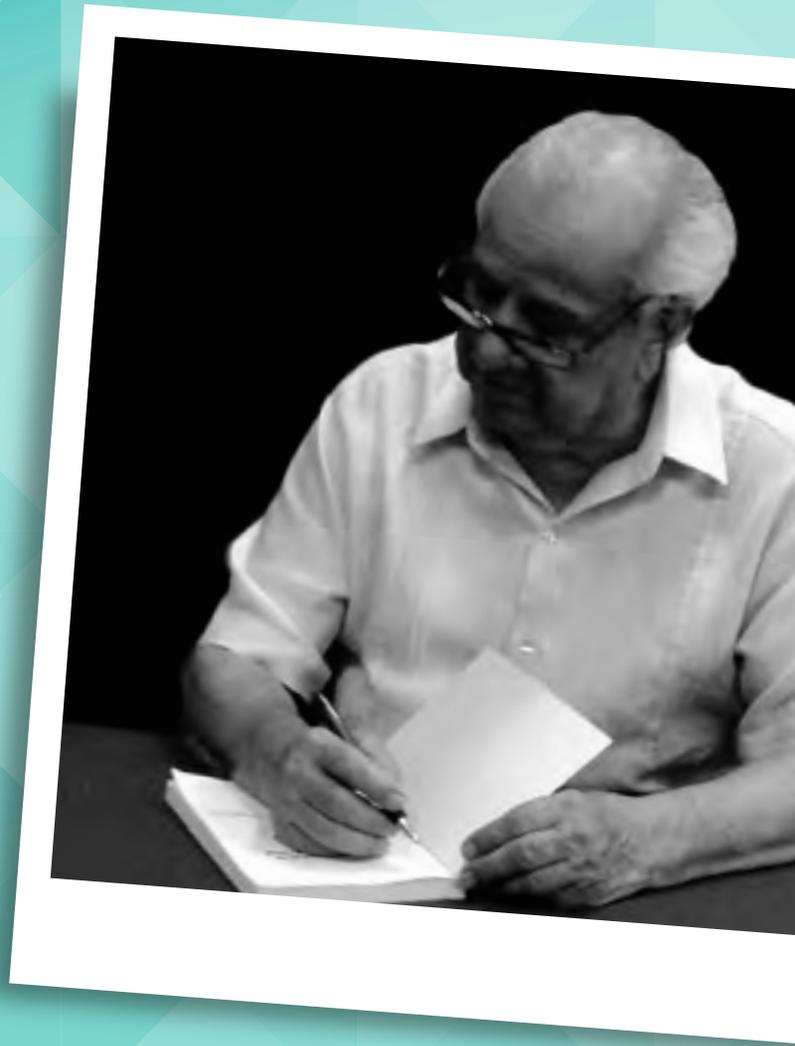
El centro proporciona metodologías, competencias, aptitudes y actitudes, espacios creativos y un espíritu de colaboración y visión estratégica, en el foco de este torbellino a veces ambiguo de la Innovación. Pero no cualquier innovación, innovación aplicando el concepto de Design Thinking, o la forma en que los diseñadores trabajan y piensan enfocado a la solución de diversos problemas tanto en la industria como en los negocios. Todo lo anterior es lo que puede obtener en PMM University al decidir instalar lo que podemos llamar un centro de consultoría y entrenamiento de la mano de nuestro Center for Innovation & Operational Excellence.

### ¿DONDE ESTAMOS?

FLORIDA (América, EEUU)  
2200 N Commerce Parkway suite 214  
Weston, FL 33326 Weston, 33326  
Phone number: + 1 954 357 3768  
Escríbenos a: [info@pmm.university](mailto:info@pmm.university)

# Enrique Dounce Villanueva

La conservación  
del planeta  
es la meta final  
de la gestión de activos



Este ingeniero mexicano, apasionado de la gestión de activos, teórico, escritor, profesor, con una larga y fructífera carrera en su haber, habló con **Predictiva21** sobre su compromiso profesional con el mantenimiento, la evolución de este en el tiempo, y su eterna preocupación por los aspectos conservacionistas que encierra esta disciplina.

*TEXTO: Alimey Díaz Martí*



El mundo del mantenimiento y la gestión de activos está lleno de historias inspiradoras. Dada su condición de disciplina reciente, la gestión de activos ha crecido a partir de la plataforma medular que es la ingeniería de mantenimiento. Primero correctivo y luego preventivo, el mantenimiento ha evolucionado hasta convertirse en gestión de activos, una disciplina multifactorial que arroja, como no, al mantenimiento mismo. Esta evolución no ha ocurrido por sí sola, sino que es el resultado del esfuerzo constante de cientos de hombres de ingeniería, mantenedores de todo el orbe, que desde hace décadas procuran mejorar sus sistemas, en función de cuidar los activos, las personas y el ambiente.

Uno de estos hombres es Enrique Dounce Villanueva, ingeniero de larga y fructífera trayectoria, cuyo trabajo no sólo decantó en la gestión de activos, sino que ha desarrollado toda una filosofía profesional que contiene su gran preocupación por la conservación. Nacido el 12 de agosto de 1921, en Azcapotzalco, México D. F., Dounce Villanueva se graduó como Ingeniero de Transmisiones en el Ejército Mexicano y se ha consagrado a la enseñanza y consultoría del mantenimiento industrial. En la actualidad es Director del Consejo de Administración de la Asociación Mexicana de Mantenimiento y Preservación Industrial S. C. (AMMPI), cuya misión es preparar a la industria y a la docencia en el empleo de los pensamientos científicos, ecológicos y sistémicos, aplicados en la Conservación Industrial. Dounce Villanueva conversó con Predictiva21 acerca de su larga trayectoria profesional y lo que espera para el futuro de la profesión.

**PREDICTIVA21:** ¿CUÁL ES SU PERCEPCIÓN SOBRE LOS ACERCAMIENTOS QUE HAN TENIDO DURANTE ESTE 2015, LAS DISTINTAS ASOCIACIONES DE MANTENIMIENTO LATINOAMERICANAS? ¿CÓMO CATALOGA EL AVANCE DEL ÁREA EN LATINOAMÉRICA CON RESPECTO A EUROPA Y ESTADOS UNIDOS?

**Enrique Dounce Villanueva:** En el presente año como Director del Consejo de Administración de La Asociación Mexicana de mantenimiento y Preservación Industrial A. C. he comprobado la utilidad que tiene para el mantenimiento la existencia de los organismos dedicados a su estudio y difusión, los esfuerzos iniciados en 1986 con la fundación del comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento están dando fruto y en lo personal he obtenido el consejo y la amistad de colegas de Norteamérica, México, Costa Rica, Medellín Colombia, Uruguay, Argentina, entre otros.

Seguí con interés en mayo pasado el congreso organizado por COPIMAN en Cartagena Colombia y noté que el esfuerzo continúa y existen muchos conceptos que poco a poco se van acercando hacia la filosofía de la conservación, y a mi parecer eso ya podemos lograrlo. Los esfuerzos por mejorar el cuidado de activos a nivel mundial son plausibles y las nuevas técnicas con los medios de comunicación modernos están a la mano del que desee estudiarlas.

**P21:** EN SU LABOR COMO TEÓRICO Y CREADOR DE TEXTOS RELACIONADOS CON EL MANTENIMIENTO, DIRIGIDOS TANTO A PROFESIONALES COMO A ESTUDIANTES DEL SECTOR ¿CONSIDERA QUE EN HOY EN DÍA HA CRECIDO LA VISIÓN DE MANTENIMIENTO MUNDIAL EN LAS AULAS? ¿CREE QUE DURANTE LOS PRÓXIMOS AÑOS EXISTIRÁN MÁS INTERESADOS EN HABLAR Y FORMAR A LAS GENERACIONES DE RELEVO?

**EDV:** A través de mi experiencia desde 1980, como consultor y profesor de Mantenimiento, encuentro invariablemente, tanto en la industria como en la docencia, que el mantenimiento es considerado un trabajo de baja categoría. En las aulas, imparten los estudios maestros que generalmente se ven obligados a hacerlo. Los programas de estudio muestran esquemas obsoletos que hacen pensar al alumno que el mantenimiento trata del cuidado de todos los objetos que tiene la empresa, lo cual es una falsa premisa y desorienta a los estudiantes.

Por lo que respecta al desarrollo del interés por el mantenimiento en los próximos años, para formar las generaciones de relevo; considero que éste despertará, en la medida en que se compruebe que ésta materia tiene una importancia máxima para la humanidad por su relación estrecha para sostener la vida en la tierra. Me parece esencial observar hasta comprobar, cómo el sistema terrestre administra sus activos, para proceder en consecuencia con los nuestros.

**P21:** CADA VEZ MÁS SE EVIDENCIA LA PRESENCIA DEL GÉNERO FEMENINO EN LAS DIFERENTES PRÁCTICAS DEL MANTENIMIENTO Y LA GESTIÓN DE ACTIVOS ¿QUÉ OPINIÓN TIENE AL RESPECTO?

**EDV:** La mujer está realizando en el mundo un papel cada vez más importante; sobre todo en la percepción e investigación de ideas innovadoras. Está científicamente demostrado que el cerebro femenino es más apto que el masculino, en lo que corresponde a la

inteligencia emocional. Por ejemplo, en 1984, Gro Harlem Brundland quien fuera la primera ministra de Noruega, integró un comité con representantes de distintas naciones, quienes elaboraron un informe que denominaron "Nuestro futuro común" y que fue dado a conocer en 1987. Con él nacieron los conceptos de "Desarrollo Sostenible" y "Economía verde". Las acciones de esta admirable mujer llegaron a nuestro conocimiento y nos abrieron en lo personal nuevos senderos de investigación, para mejorar el libro de texto que estábamos escribiendo en esas fechas; "La Productividad en el Mantenimiento Industrial".



*Enrique Dounce Villanueva durante sus años en Teléfonos de México*

Durante mis incursiones, que como maestro de mantenimiento tuve en varias universidades tecnológicas de mi país, encontré a no menos de tres ingenieras desarrollando el papel de "Directoras de la carrera de Mantenimiento"; me consta que atendían a fondo sus programas de estudio, se interesaban por visitar y conectar a sus alumnos con las empresas aledañas y realmente desarrollaban muy bien su papel.

P21: EN UNO DE SUS ÚLTIMOS ARTÍCULOS ESCRITOS PARA PREDICTIVA21, USTED HABLÓ SOBRE EL MANTENIMIENTO FRENTE A LA CONSERVACIÓN ¿CONSIDERA ESTE ASPECTO COMO UNA EVOLUCIÓN DENTRO DE LAS PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO? ¿CREE QUE EN LA ACTUALIDAD, LAS EMPRESAS TOMAN EN CUENTA LA CONSERVACIÓN, CUANDO SE EJECUTA ALGÚN MANTENIMIENTO EN CAMPO, COMO UN EXTRA A LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD YA ESTABLECIDAS?

EDV: Excelentes preguntas la que me hace. Le comento que en ese artículo puse de manifiesto que la humanidad, aún sin quererlo, está evolucionando desde el actual concepto obsoleto de "Mantenimiento"; hacia el principio que rige a nuestro Sistema Terrestre, siendo éste la conservación. Expongo en ese artículo que nuestro objetivo es crear conciencia mundial, que debemos esforzarnos para llegar lo más pronto posible, a que nuestra industria se comporte como un sistema que alimenta otros sistemas y evite de esa manera continuar destruyendo al hábitat terrestre como actualmente lo está haciendo. Esto nos traerá muchos beneficios; entre otros se encuentra la reducción de costos en el cuidado de sus activos, al conocer adecuadamente qué tipo de labores deben realizarse, así como la preparación que debe tener tanto el personal que atiende los recursos materiales como el que tenga a su cargo los recursos sistémicos.

La filosofía de la conservación se empezó a gestar en 1950 en Norteamérica, originada por el continuo aumento del número de accidentes catastróficos aéreos, lo cual generó que la Administración Federal de Aviación y la industria de la aviación, ordenaran la creación de grupos interdisciplinarios de trabajo, a los que llamaron "Grupos Guías de Mantenimiento" (MSG por sus siglas en inglés). Estos grupos realizaron durante más de 20 años, estudios acuciosos con personal especialista en Mantenimiento, enfocados exclusivamente en naves aéreas de pasajeros. Así llegaron a establecer una nueva filosofía que se denomina "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad" (RCM por sus siglas en inglés), la cual fue

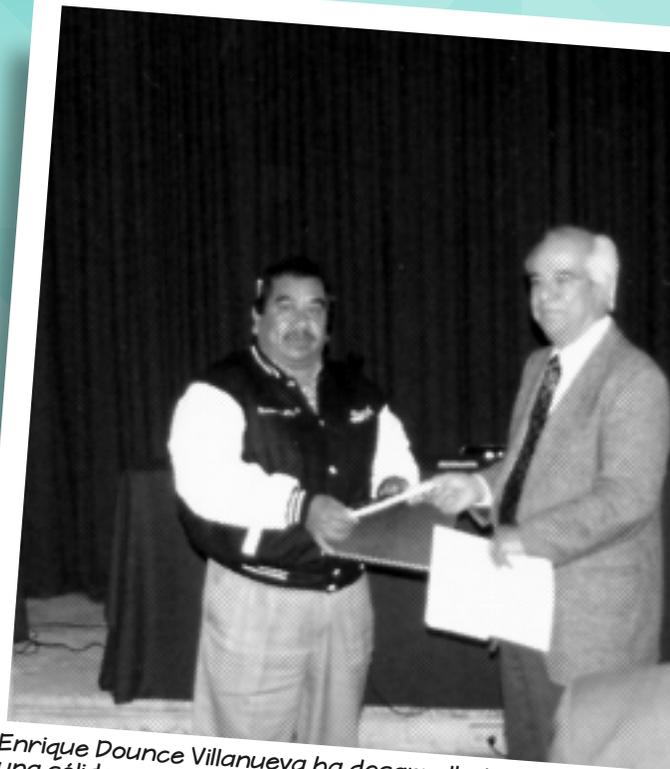
aplicada de inmediato a partir del 1970 como el RCM I, pero solamente para el cuidado de Naves aéreas, lo que dificultaba aplicarlo a la industria en general. En 1971 el ingeniero inglés John Michael Moubray conoció y se interesó por el RCM I, logrando profundizar en su estudio. Durante un lapso de 13 años, estuvo trabajando bajo la dirección personal y asesoramiento de Stanley Nowlan, quien fuera director de los grupos MSG, hasta su muerte en el 2004. En ese tiempo, Moubray y Nowlan se dedicaron a estudiar la forma de acoplar la filosofía RCM I hacia la industria en general, llegando a implementar el RCM II con muy buenos resultados.

Por lo que respecta a su pregunta, sobre de que en la actualidad, se estén aplicando labores de conservación, cuando se ejecuta algún mantenimiento en campo; mi respuesta es que definitivamente no. Es más, siento que existe reluctancia para tomar en cuenta esta nueva filosofía.

El concepto actual obsoleto del mantenimiento, prevalece por una mala interpretación de las máximas de John Moubray; quien fue el que estableció dos clases de activos que tiene la industria mundial: los materiales y los sistémicos. Éstos se dieron a conocer a través de sus 15 Máximas de Mantenimiento, las cuales recomendamos leer y analizar cuidadosamente, para comprobar lo aquí explicado que es una realidad.

P21: EL 2016 SERÁ UN AÑO IMPORTANTE DENTRO DEL MANTENIMIENTO EN LATINOAMÉRICA, CADA VEZ MÁS VEMOS LA IMPORTANCIA QUE SE LE HA DADO AL ÁREA, EN CUANTO A LA FORMACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PROFESIONALES, ESTO FUE PARTE FUNDAMENTAL DE LA ÚLTIMA EDICIÓN DEL CONGRESO DE URUMAN, ¿QUÉ TEMAS SERÍAN CONVENIENTES INCLUIR EN LAS UNIVERSIDADES PARA LAS NUEVAS GENERACIONES? ¿CUÁLES DE ELLOS SERÍAN TEMAS PARA ABORDAR EN CONGRESOS Y PONENCIAS? ¿QUÉ ÁREAS NUEVAS DEBEN CONSIDERARSE EN EL MANTENIMIENTO Y LA GESTIÓN DE ACTIVOS?

EDV: Estas son también muy buenas preguntas, déjeme decirle que en nuestro medio, abundan las personas científicamente preparadas y con la visión suficiente, para mejorar las ideas usadas en el obsoleto concepto actual de Mantenimiento; pero considero que el problema sólo se resolverá, en la medida en que en las escuelas técnicas y Universidades, incluyan en las carreras afines al Mantenimiento, estudios de ecología y de sistemas, para interesar a los estudiosos, en el análisis del funcionamiento del sistema terrestre y para que entiendan cómo éste cuida de sus activos. Precisamente en la prestigiosa revista Predictiva21, que publicó el artículo de nuestra autoría, pueden ustedes ahondar en el tema, al comparar los enfoques tanto del actual concepto obsoleto del mantenimiento como el de la conservación.



*Enrique Dounce Villanueva ha desarrollado una sólida carrera profesional al servicio del mantenimiento.*



Es posible que uno de los temas a considerar, en el próximo congreso de COPIMAN, sea precisamente el análisis de nuestro trabajo “El Mantenimiento frente a la Conservación”; pues en lo personal, estoy convencido de su importancia, porque en mi vida profesional apliqué muchos de los conocimientos adquiridos al estudiar tanto la ecología, como los sistemas y relacionarlos al Mantenimiento, todo esto con muy buenos resultados. Esto nos permitió en 1989 a mi hijo Jorge Dounce (Ingeniero Mecánico Administrador), y a mí, escribir la primera edición del libro, “La Productividad en el Mantenimiento Industrial”. En la actualidad estamos por publicar la 4ª edición.

En lo referente a las áreas nuevas a considerar en el mantenimiento y gestión de activos, quiero hacer mucho énfasis, en lo que ya le comenté previamente: es muy relevante, incluir tanto el estudio de la ecología, como el de los sistemas.

P21: PARA FINALIZAR, HÁBLENOS DE SU TRAYECTORIA COMO PROFESIONAL Y AHORA CONSULTOR DEL ÁREA DEL MANTENIMIENTO. ¿CUÁL ES SU PERCEPCIÓN ACERCA DE LOS AVANCES QUE HA TENIDO EL SECTOR A NIVEL GLOBAL DESDE SUS INICIOS HASTA LA ACTUALIDAD? ¿CÓMO TEÓRICO A QUE CONCLUSIÓN LLEGA?

EDV: En 1953 egresé de la Escuela Militar de Transmisiones, perteneciente al Ejército Mexicano, con el título de Ingeniero de Transmisiones. Durante 18 años, estuve dedicado a estudiar y trabajar en la operación y mantenimiento de equipos de comunicación eléctrica y electrónica del ejército. Me separé del ejército pidiendo una licencia ilimitada para ocuparme en atender el ramo telefónico de mi país, empezando con la instalación de Centrales Telefónicas Automáticas. En 1955 entré a trabajar para la compañía Teléfonos de México S. A., que se encontraba en plena reorganización, misma que consistió en dividir el país en dos entidades telefónicas, a la más importante (Distrito Federal y estado de México) le llamaron “Centro” y al resto “Sucursales”; en estas últimas se desarrolló mi segunda trayectoria profesional. “Sucursales” a su vez quedó dividida en cuatro “Sectores”, cada sector era manejado por un “Ingeniero Jefe de Sector y un “Gerente Comercial”, que tenían a su cuidado el desarrollo, explotación y mantenimiento, de la planta telefónica del Sector. Durante mi estancia en Teléfonos de México, tuve la oportunidad de dirigir cada uno de éstos Sectores.

El Jefe de Sector tenía a su cargo un Departamento de Proyectos, otro de Mantenimiento de Centrales Larga Distancia, otro de Centrales urbanas, otro de Planta exterior, otro de Plantas de Fuerza, etcétera, con personal especializado y preparado por la Escuela Tecnológica de cada Sector.

En esa época (1960), los conocimientos administrativos y técnicos con los que contaba el personal estaban muy atrasados. Nuestras rutinas de Mantenimiento, que eran usualmente proporcionadas por los fabricantes del equipo telefónico, nos obligaban a cambiar piezas con una frecuencia desmedida. Al paso del tiempo, nuestras experiencias comprobaron que eso era perjudicial, porque durante la labor del cambio de partes, se originaban más fallas en el sistema. Los reclamos al fabricante generalmente eran respondidos con un aumento en la frecuencia para el cambio de piezas o la intervención de personal extranjero especialista de la fábrica; esto generó un beneficio para el fabricante de los equipos, pero

# ENTREVISTA

nuestros costos de mantenimiento se fueron elevando. En la práctica, ocasionalmente teníamos que hacer caso omiso de las indicaciones del fabricante, orientadas al cambio de piezas con una frecuencia programada.

En lo correspondiente a los avances que ha tenido la humanidad, me considero muy afortunado, pues mi vida y carrera se han desarrollado en medio de cambios tecnológicos asombrosos. Estoy disfrutando mis 94 años de vida y desde mis primeros años en el ejército, he atendiendo aparatos como el heliógrafo, el telégrafo, el radar, los transmisores de radiofrecuencia, los rudimentarios teléfonos de campaña, más tarde en el medio telefónico, las centrales telefónicas manuales y automáticas, la televisión, el uso de señales digitales, de la fibra de vidrio, etcétera. Con los medios de información actual, podemos darnos cuenta que muchos países del mundo, se siguen desarrollando; y que es

manifiesto que en lo relativo al mantenimiento, existen triunfos muy marcados, iniciados por Henry Fayol y Frederick W. Taylor, que ayudaron a cimentar y comprender, el cómo debe ser la industria mundial. Esto me hace concluir, no solo como teórico, sino también por mi experiencia en el campo, que los profesionales del mantenimiento, tenemos todo lo necesario para mejorar sustancialmente, las actividades que desarrollamos en el cuidado de nuestros activos sistémicos, que es en donde radica el problema.



*En Suecia, junio de 1962, representando a México en la Conferencia Bianual de proveedores de equipos telefónicos, Estocolmo.*

# AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN EL SECTOR DE SERVICIOS COMO PARTE DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN MÉXICO



## **INTRODUCCIÓN A LAS AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN HOTELES**

Actualmente el uso eficiente de la energía surge como un requisito necesario para todos los sectores energéticos: productores, consumidores y reguladores. Es una solución concreta que contribuye en la administración de los recursos energéticos para las generaciones futuras, mejora la competitividad de la economía y ayuda a disminuir los impactos ambientales derivados de la producción y consumo de energía, de ahí la importancia que representan las auditorías energéticas.

En el sector turístico, en particular a los hoteles, aunque la idea no solo se restringe al sector hotelero sino para cualquier ámbito, la eficiencia energética tiene por objeto reducir los costos de operación, contribuir al cumplimiento de las exigencias ambientales, disminuir la dependencia energética y mejorar la competitividad nacional, incorporando una gestión eficiente de la energía.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, establece como objetivo: impulsar el ordenamiento y la transformación sectorial; impulsar la innovación de la oferta y elevar la competitividad del sector turístico; fomentar un mayor flujo de inversiones y financiamiento en el sector turismo por medio de la promoción eficaz de los destinos turísticos; y propiciar que los ingresos generados por el turismo sean fuente de bienestar social (Secretaría de Gobernación, 2013).

Entonces, promover la eficiencia energética en los hoteles de México y no solo en nuestro país, sino a nivel mundial, es un aspecto fundamental para el desarrollo sostenible no solo del sector hotelero, sino para cualquier sector en general y de esta manera contribuir a disminuir el calentamiento global.

## **GESTIÓN ENERGÉTICA**

Dado que el consumo de energía es un factor preponderante en el presupuesto de gastos de operación del hotel, se pone de manifiesto en el sector turístico la necesidad de realizar una cuidadosa gestión de los costos energéticos, buscando con ello mayores posibilidades de competitividad.

La energía es un rubro importante tanto para los hoteles como para la nación. En el sector turístico, como en otros, un ahorro de energía para la empresa, podría significar un aumento de utilidades, precios más competitivos, mayor disponibilidad de recursos para mejorar la atención al público, etc. Una auditoría energética precisamente, permite identificar los despilfarros de energía y reducir sus costos, es decir, se incrementa la eficiencia energética mediante acciones que permitan una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer los servicios asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos (Secretaría de energía, 2014).

Generalmente el consumo de energía en el

sector hotelero, es mayor de lo que realmente se necesita para conseguir el mismo nivel de confort. Esto es así principalmente debido a:

- Mal diseño de instalaciones.
- Empleo de equipos varios poco eficientes.
- Deficiencias en el mantenimiento de los equipos.
- Pérdidas de calor o frío por aislamientos deficientes.
- Desconocimiento de los hábitos de ahorro.
- Falta de conciencia de empleados.

El uso racional y eficiente de la energía en todos los sectores, beneficia a la población y a la economía nacional, porque les permite reducir el presupuesto de gastos y de esta manera, contribuye a liberar recursos financieros para cubrir otras necesidades de la población. Usar eficientemente la energía significa evitar desperdiciarla y realizar las actividades con el mínimo de energía posible, sin afectar el confort. El uso racional y eficiente de la energía es una oportunidad para reducir los impactos negativos hacia el medio.

La Eficiencia Energética no es sólo cuestión de poseer las últimas tecnologías, sino de saber emplear y administrar los recursos energéticos disponibles de un modo hábil y eficaz, lo que requiere desarrollar procesos de gestión de la energía.

Existen algunos obstáculos que imposibilitan la implementación de medidas para el uso racional de la energía, estos pueden ser debidos a la falta de información de los trabajadores y diseñadores de las instalaciones, además la organización interna de la empresa imposibilita la toma de decisiones. También existen aspectos como el tecnológico, el cual debido a la estructura de la edificación dificulta el cambio hacia un sistema más avanzado en el uso eficiente de energía.

Existen dificultades financieras por la falta de capital o malas decisiones que perjudican la implementación de sistemas de ahorro de energía y además las barreras estructurales, las cuales se presentan cuando la empresa tiene un

perfil de gestión poco innovador. Sin embargo, los edificios de hoteles ya construidos acumulan ineficiencias energéticas. Esto es así debido al empleo de equipos obsoletos, estructuras no concebidas para el ahorro de energía, mantenimientos deficientes, uso inadecuado de las instalaciones y malos hábitos de consumo, entre otras razones.

Mediante una auditoría energética se puede conocer y comprender los flujos energéticos del hotel, permitiendo que un edificio no sólo cumpla con criterios de sustentabilidad, sino que además, ahorre parte de la energía que consume en la actualidad.

Es decir, una Auditoría Energética es un análisis que refleja cómo y dónde se usa la energía de una instalación con el objetivo de utilizarla racional y eficientemente. Ayuda a comprender mejor cómo se emplea la energía en la empresa y a controlar sus costos, identificando las áreas en las cuales se pueden estar presentando despilfarros y en dónde es posible hacer mejoras. Es una evaluación técnica y económica de las posibilidades de reducir el costo de la energía de manera rentable sin afectar la cantidad y calidad de su producto.

Conociendo la problemática que presenta el sector hotelero en México, en lo que refiere a la administración de los recursos energéticos: falta de información, malos hábitos de consumo y falta de planeación, considerando también, las repercusiones que este problema causa en la economía y el impacto al medio ambiente, se presenta una metodología con el fin de que estas necesidades se puedan solucionar.

Las metas planteadas en un diagnóstico energético son: Identificar claramente los tipos y costos de la energía utilizada, entender cómo, cuánto y en dónde se usa cada tipo de energía y detectar en dónde se desperdicia, identificar y analizar alternativas tales como mejorar técnicas operacionales o nuevas tecnologías que puedan reducir sustancialmente los costos de energía, analizar económicamente las

alternativas identificadas para determinar cuáles son convenientes para la firma o industria involucrada o como deben priorizarse las inversiones.

### **METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA AL SECTOR HOTELERO.**

La implementación de un proceso sistemático para la aplicación de auditorías energéticas en el sector hotelero, permite un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de la empresa para detectar los factores que afectan el consumo de energía e identificar, evaluar y ordenar las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad.

Implica por tanto, recabar información de consumo, análisis, clasificación, propuesta de alternativas, valoración de ahorros y toma de decisiones. El objetivo final del plan de ahorro es obtener los mismos resultados con menos uso de recursos.

Los principales parámetros para el desarrollo adecuado de una auditoría energética en el hotel deseado son:

Determinar en qué estado energético se encuentra la instalación, la recopilación de la información como planos arquitectónicos y esquemas de distribución, aplicación de encuesta de auto diagnóstico, conocimiento de los equipos y lugares de medición, elaboración de formatos para realizar el levantamiento energético en las áreas de interés, elaboración de tablas y gráficos que concentren los datos recabados. Una vez realizado lo anterior se procede a realizar la auditoría por lo grupos de trabajos en las diferentes zonas energéticas del hotel. Luego se presentará el estudio de las alternativas para el aprovechamiento energético, es decir, una vez recopilado los resultados de la auditoría se procede a su análisis, así como las medidas o acciones para contrarrestar estos problemas (Grupo UAC, 2011).

Las áreas energéticas o parámetros de estudio en un hotel son las siguientes: Climatización, agua caliente sanitaria y calderas, Iluminación artificial, cocinas, instalaciones de ocio, lavanderías, elevadores, equipamiento ofimático y electrodomésticos.

Como último punto es importante desarrollar el contenido mediante informes ejecutivos y conclusiones de la auditoría realizada, para poder presentar y plantear los resultados a los dueños o responsables de los hoteles.

### **PASOS PARA REALIZAR UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA.**

#### **DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL.**

Como primer punto es necesario obtener cierta información general, previamente a la aplicación de la auditoría, esto con la finalidad de determinar el estado energético actual, es conveniente aplicar una encuesta de hábitos de consumo que deberá ser llenada por el gerente de mantenimiento o encargado del hotel, dicha encuesta recopilará los datos generales del hotel, como categoría, año de construcción o de inicio de operación, características del inmueble, número de habitaciones y de empleados, fechas y programas de mantenimiento a las distintas aéreas y equipos del hotel, hábitos de consumo y operación en climatización, iluminación, agua caliente sanitaria, cocina, lavandería, ascensores, equipos de oficina y electrodomésticos utilizados en las habitaciones, variación de la demanda de ocupación, entre otros aspectos.

#### **REVISAR LA ENCUESTA.**

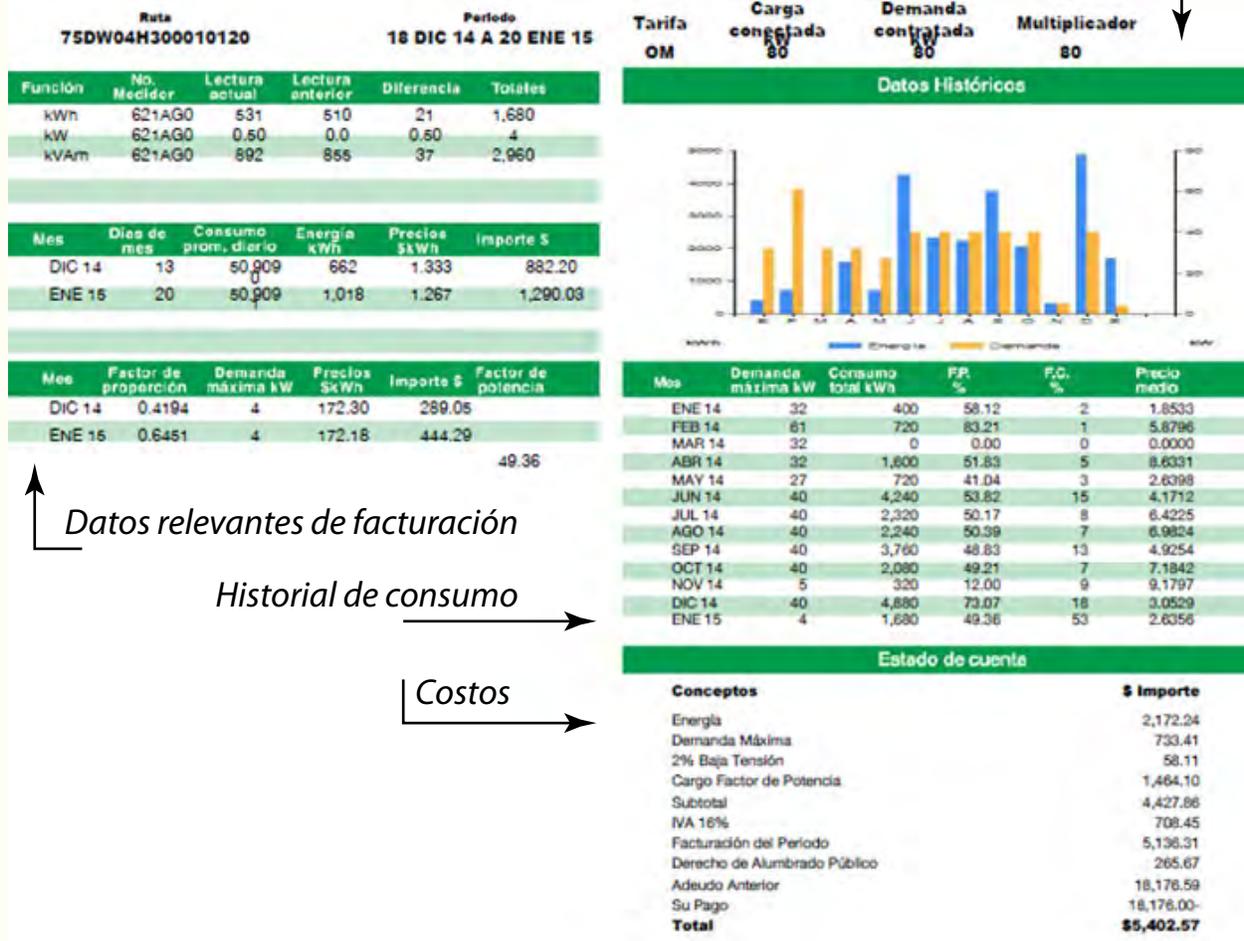
Conocer las condiciones bajo las cuales funciona el hotel, porcentaje de ocupación, características generales del hotel y servicios con los que se cuenta, instalación eléctrica e iluminación, sistema de bombeo, sistemas térmicos, generación de vapor, calefacción, aire acondicionado y administración de la energía. Con lo anterior se obtendrá una visión general de la situación en la que opera el hotel.

## SOLICITAR INFORMACIÓN DE FACTURACIÓN ENERGÉTICA.

Es importante que el hotel disponga de las facturaciones energéticas de gas y consumo eléctrico mínimo de un año, con el fin de analizarlas mediante la elaboración de tablas y gráficas que permitan expresar los datos recabados en las mismas de una manera sencilla. En el caso de facturas eléctricas es importante realizar gráficas que permitan

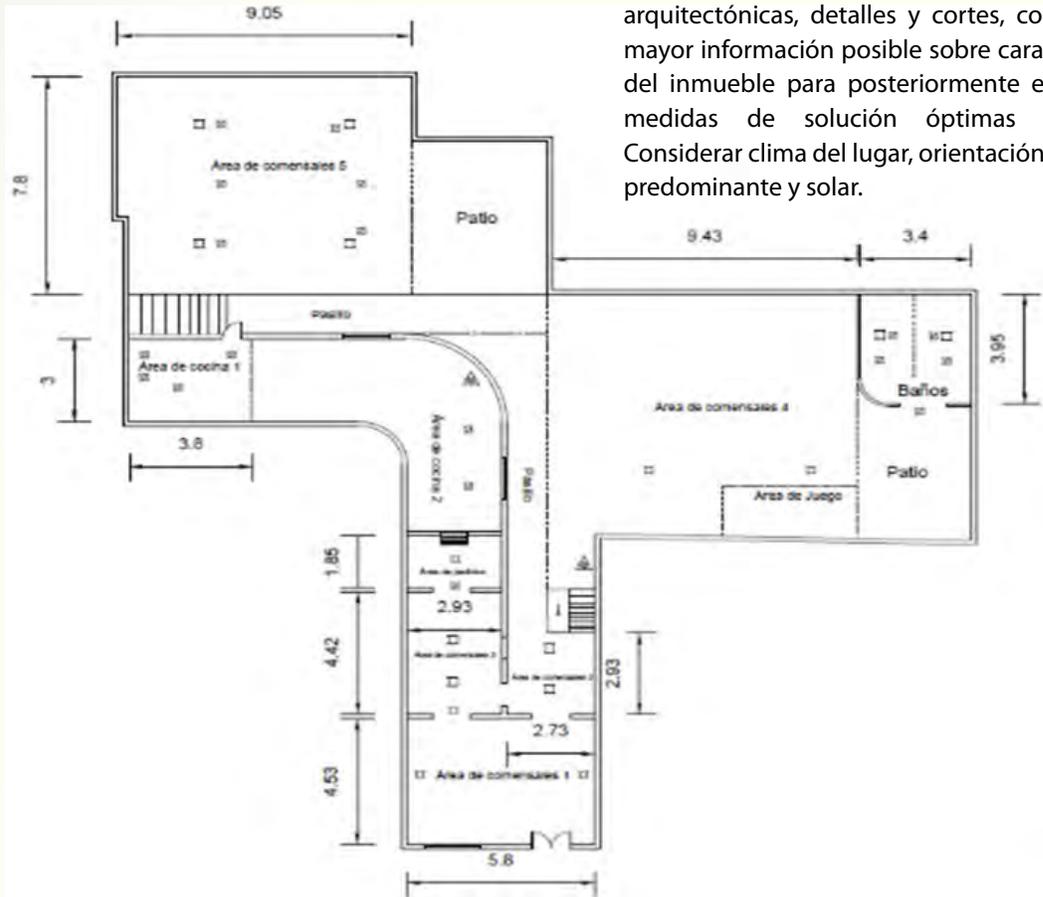
conocer el comportamiento de la demanda (kw), energía (kwh), energía reactiva (kvar), factor de potencia y factor de carga, así como verificar los totales a pagar. Para el análisis de facturación de otros energéticos es importante conocer el perfil de consumo de dicho energético mediante gráficas y los kilogramos o litros requeridos mensualmente

Figura 1. Factura eléctrica



SOLICITAR PLANOS DE INSTALACIONES

Figura 2. Plano



En caso de contar con los planos de instalaciones eléctricas y plantas arquitectónicas, detalles y cortes, conjuntar la mayor información posible sobre características del inmueble para posteriormente evaluar las medidas de solución óptimas al lugar. Considerar clima del lugar, orientación de viento predominante y solar.

RECORRIDO POR INSTALACIONES

(SEGUIR LA TRAYECTORIA DE LOS ENERGÉTICOS PREFERENTEMENTE)



Figura 3. Instalaciones del inmueble

### LLEVAR A CABO LA PLANEACIÓN DE LA AUDITORÍA:

1. Establecer equipos especiales (Analizador de Redes, Luxómetro, Termohigrómetro, Anemómetros, Analizador de Productos de Combustión, Kill a Watt).

2. Seleccionar el equipo a utilizar.

3. Definir formas de evaluar equipos especiales (acometida eléctrica, motores significativos, equipos de AA paquete. y centrales, sistemas solares, pasivos y activos, calderas, calentadores de gas, controles arquitectónicos).

4. Conformar brigadas de trabajo especificando las actividades a realizar en el levantamiento (datos de fuentes de luz artificial, nivel de iluminación con y sin luz natural, control de luz natural, área de cuartos, datos de equipos como TV, frigobar, despertador etc., medición de "vampiros" y muestra de consumo, datos por eficacia de equipo de AA (Elaborar previamente los formatos correspondientes de levantamiento).

5. Repartir los lugares de trabajo.



Figura 4. Equipos básicos empleados en auditorías



### CONEXIÓN DE EQUIPOS ESPECIALES



Figura 5. Conexión del analizador y subestación eléctrica



Conectar el analizador de redes y calidad de la energía eléctrica para monitorear durante mínimo una semana el comportamiento de la demanda, tensión, corriente, factor de potencia y distorsión armónica que afecte el comportamiento del sistema.

Evaluar los niveles de iluminación de las diferentes áreas dentro del hotel y verificar que cumplan con la NOM-025-STPS-2008.

En caso de existir equipos que no cuenten con placa característica que permita obtener datos sobre potencia y amperaje, emplear el kill a watt.

REALIZAR LOS LEVANTAMIENTOS PROGRAMADOS Y MEDICIONES EN EQUIPOS ESPECIALES, MOTORES, CALDERAS, CALENTADORES, TABLEROS, AIRES ACONDICIONADOS. (ANOTAR COMENTARIOS Y SITUACIONES NO CONSIDERADAS).

1. Carga y consumo de equipo eléctrico.
2. Carga y consumo de motores y bombas
3. Carga y consumo de aire acondicionado
4. Carga y consumo de Climatización
5. Carga y consumo de Agua caliente sanitaria y Calderas
6. Carga y consumo de Iluminación
7. Carga y consumo de Lavanderías
8. Carga y consumo de Elevadores
9. Carga y consumo de Equipamiento ofimático y Electrodomésticos



Figura 6. Variación de la demanda mensual

La ilustración muestra algunas de las cargas conectadas

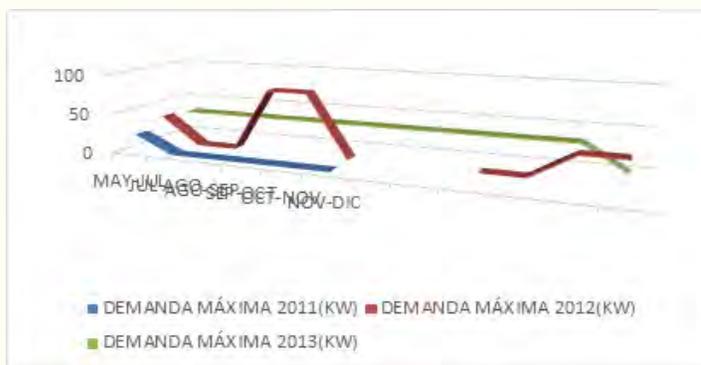


Figura 7. Demanda de potencia

REALIZAR MEDICIONES ARQUITECTÓNICAS GENERALES (CONTROLES, MATERIALES, ENTRADAS DE LUZ NATURAL).

Las mediciones arquitectónicas se realizan con la finalidad de emplear el diseño de la construcción para el acondicionamiento y aprovechamiento de la luz natural. Por lo tanto, es importante verificar los niveles de luz natural y ventanas.

PROCESAR INFORMACIÓN.

1. Concentrar datos de facturación eléctrica
2. Concentrar datos de facturación de gas LP
3. Concentrar datos de facturación de gas Diesel
4. Concentrar datos de facturación de gasolina
5. Concentrar datos de iluminación
6. Concentrar datos de equipo eléctrico
7. Concentrar datos de equipos consumidores de energía térmica
8. Concentrar mediciones de los equipos especiales
9. Establecer la línea base de consumo



Figura 8. Concentrado de información

**VISUALIZAR PUNTOS DE AUDITORÍA ENERGÉTICA**  
Procesada la información es necesario interpretarla para que posteriormente se anexen en los resultados reflejados en el informe ejecutivo de forma concisa.

### **ANÁLISIS ECONÓMICO**

En primera instancia es necesario determinar los puntos prioritarios de ahorro de energía. Posteriormente, se harán las propuestas necesarias las cuales podrán requerir de inversiones mínimas o fuertes. Por lo tanto se debe llevar a cabo un análisis económico que contemple la vida útil del equipo a adquirir, los ahorros a futuro generados; en caso de sustituir alguna fuente de energía por otra, hacer una comparación de los ahorros que se obtendrían así como del período del retorno de la inversión.

### **CONCLUSIONES**

Las conclusiones deben ser claras y concisas. Deben hacer énfasis en los nichos donde se detectaron ahorros de energía viables priorizando cada uno de ellos y mencionando la inversión necesaria y el período de retorno de la inversión.

Realizar informes y presentación a los dueños y responsables del hotel.

**Reporte ejecutivo:** El análisis ejecutivo se centra en mostrar a la gerencia del hotel los resultados obtenidos de la auditoría traducidos en montos monetarios de manera que puedan conocer los posibles ahorros que podrían tener cambiando hábitos de consumo, concientizando a los empleados o empleando equipos más eficientes.

**Reporte General:** que deberá incluir de forma detallada la metodología empleada en la auditoría, análisis de facturación de energéticos, los diferentes análisis efectuados en los sistemas con lo que cuente el hotel: sistemas térmicos, iluminación, equipo eléctrico, motores y bombas, aire acondicionado, así como análisis de consumo de energía, análisis económico y propuestas de solución.

### **CONCLUSIONES**

El sector hotelero presenta una gran oportunidad para llevar a cabo programas de

administración de la energía. El problema del cambio climático ha hecho que se dé prioridad al fomento del ahorro de energía, por lo que el monitoreo y continuidad constante respecto al consumo energético, debe de responder a una actitud permanente de la dirección de la empresa y no esporádica. No basta con realizarse una sola vez, sino que debe de repetirse periódicamente para conocer la evolución de los procesos productivos a lo largo del tiempo y para comprobar los resultados de las mejoras introducidas. Por tanto, es necesario se realicen capacitaciones y seguimiento a los empleados del hotel sobre concientización de ahorro de energía.

Recordemos que una auditoría energética es una revisión del edificio, de los componentes que nos suministran el confort y de los hábitos que tenemos a la hora de utilizarlos, con el objetivo de encontrar las áreas donde se pueden realizar mejoras energéticas, se busca consumir menos energía asegurando el mismo grado de confort, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sustituir fuentes de energía contaminantes por otras de origen renovable y avanzar hacia un desarrollo sostenible que el país y el sector necesitan. Si queremos lograr estos objetivos, tenemos que empezar cambiando nosotros mismos, mejorando la educación energética de la sociedad y concientizando a las personas de la importancia que esto representa, esta labor es nuestra obligación como ingenieros y seres humanos.

La metodología implementada permitió realizar 16 auditorías energéticas a diversos hoteles del sureste de México.

### AUTORES:

**Juan Carlos Ovando Sierra**  
jcovando@uacam.mx

**Augusto Sánchez Cifuentes**  
augsan@servidor.unam.mx.

**Mauricio Iván Huchin Miss**  
mauro\_ivan5@hotmail.com

**Miguel J. Martínez Ruiz**  
**Roger M. Sánchez Parrao**

**PREDICTIVA21**

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

---

● ANUNCIA CON NOSOTROS